

# Ispitivanje mogućnosti zamjene natrijevog klorida kalijevim kloridom u proizvodnji kuhanog sira

---

Huđek, Antonia

Master's thesis / Diplomski rad

2018

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, FACULTY OF FOOD TECHNOLOGY / Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Prehrambeno-tehnološki fakultet Osijek**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:109:607185>

Rights / Prava: [In copyright](#) / [Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2025-02-23**

REPOZITORIJ

PTF OS

PREHRAMBENO-TEHNOLOŠKI FAKULTET OSIJEK

dabar  
DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJI

Repository / Repozitorij:

[Repository of the Faculty of Food Technology Osijek](#)



**SVEUČILIŠTE J. J. STROSSMAYERA U OSIJEKU  
PREHRAMBENO–TEHNOLOŠKI FAKULTET OSIJEK**

**Antonia Huđek**

**ISPITIVANJE MOGUĆNOSTI ZAMJENE NATRIJEVOG KLORIDA  
KALIJEVIM KLORIDOM U PROIZVODNJI KUHANOG SIRA**

**DIPLOMSKI RAD**

**Osijek, ožujak 2018.**

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku  
Prehrambeno-tehnološki fakultet Osijek  
Zavod za prehrambene tehnologije  
Katedra za mljekarstvo  
Franje Kuhača 20, 31000 Osijek, Hrvatska

**Diplomski sveučilišni studij prehrambenog inženjerstva****Znanstveno područje:** Biotehničke znanosti**Znanstveno polje:** Prehrambena tehnologija**Nastavni predmet:** Tehnologija mlijeka i mliječnih proizvoda**Tema rada** je prihvaćena na XI. redovitoj sjednici Fakultetskog vijeća Prehrambeno-tehnološkog fakulteta Osijek u akademskoj godini (2017./2018.) održanoj (25. rujna 2017.).**Mentor:** doc. dr. sc. *Mirela Lučan***Ispitivanje mogućnosti zamjene natrijevog klorida kalijevim kloridom u proizvodnji kuhanog sira***Antonia Huđek, 363-DI***Sažetak:**

Prekomjeran unos natrija smatra se glavnim uzročnikom hipertenzije i kardiovaskularnih bolesti. Cilj ovog diplomskog rada je istražiti utjecaj djelomične redukcije natrijevog klorida te djelomične zamjene natrijevog klorida kalijevim kloridom na osnovni kemijski sastav, aktivitet vode, pH vrijednost, boju, teksturalna i senzorska svojstva kuhanog sira. Uzorci sirnog zrna su bili suho soljeni NaCl-om (100%, 65%, 50%) ili smjesama NaCl/KCl (35% i 50% KCl). Kao posljedica različitog otpuštanja sirutke tijekom proizvodnje i zrenja sira, odnosno u masenom udjelu vode u uzorcima postoje i razlike u osnovnom kemijskom sastavu. Vrijednosti parametara teksture i boje su podjednake u svim uzorcima. Također, rezultati potvrđuju statistički značajnu razliku u ocjenama za okus i prihvatljivost s obzirom na udio i vrstu soli. Ukupni rezultati su pokazali da se, u proizvodnji kuhanog sira do 35% NaCl može zamijeniti kalijevim kloridom bez negativnog utjecaja na organoleptička i teksturalna svojstva.

**Ključne riječi:** kuhani sir, natrijev klorid, kalijev klorid, fizikalno-kemijska svojstva, senzorska svojstva**Rad sadrži:** 48 stranica  
25 slika  
15 tablica  
19 literaturnih referenci**Jezik izvornika:** hrvatski**Sastav Povjerenstva za ocjenu i obranu diplomskog rada i diplomskog ispita:**

- |   |               |
|---|---------------|
| 1. prof. dr. sc. <i>Jovica Hardi</i>        | predsjednik   |
| 2. doc. dr. sc. <i>Mirela Lučan</i>         | član-mentor   |
| 3. prof. dr. sc. <i>Vedran Slačanac</i>     | član          |
| 4. doc. dr. sc. <i>Krešimir Mastanjević</i> | zamjena člana |

**Datum obrane:** 28. ožujka 2018.

**Rad je u tiskanom i elektroničkom (pdf format) obliku pohranjen u** Knjižnici Prehrambeno-tehnološkog fakulteta Osijek, Franje Kuhača 20, Osijek.

## BASIC DOCUMENTATION CARD

GRADUATE THESIS

**University Josip Juraj Strossmayer in Osijek**  
**Faculty of Food Technology Osijek**  
**Department of Food Technology**  
**Sub department of Dairy**  
Franje Kuhača 20, HR-31000 Osijek, Croatia

### Graduate program Food engineering

**Scientific area:** Biotechnical sciences

**Scientific field:** Food technology

**Course title:** Dairy technology

**Thesis subject** was approved by the Faculty of Food Technology Osijek Council at its session no. XI held on (September 25, 2017).

**Mentor:** *Mirela Lučan*, PhD, assistant prof.

### **Posibility of replacement of sodium chloride by potassium chloride in the production of cooked cheese** **Antonia Huđek, 363-DI**

#### **Summary:**

Dietary sodium content is considered as a major contributor to hypertension and cardiovascular diseases. The aim of this work was to investigate the effect of partial reduction of sodium chloride and partial replacement of sodium chloride by potassium chloride on the gross composition, water activity, pH, colour, textural properties and sensory characteristics of cooked cheese. Samples of cooked cheese grains were dry salted with NaCl (100%, 65%, 50%) or mixtures of NaCl/KCl (35% and 50% KCl). Differences in whey releasing during cheese production and ripening, i.e. differences in water mass fraction in samples consequently introduces different chemical composition. Values of tested texture parameters and colour are similar in all cheese. Results also confirm statistically significant difference of grades for flavour and acceptability with respect to salt type and concentration. The overall results showed that up to 35% of sodium chloride in the production of cooked cheese could be replaced with potassium chloride without compromising the organoleptic and textural properties.

**Key words:** Cooked cheese, sodium chloride, potassium chloride, physical-chemical properties, sensory characteristics

**Thesis contains:** 48 pages  
25 figures  
15 tables  
19 references

**Original in:** Croatian

#### **Defense committee:**

- |   |              |
|---|--------------|
| 1. <i>Jovica Hardi</i> , PhD, prof.                   | chair person |
| 2. <i>Mirela Lučan</i> , PhD, assistant prof.         | supervisor   |
| 3. <i>Vedran Slačanac</i> , PhD, prof                 | member       |
| 4. <i>Krešimir Mastanjević</i> , PhD, assistant prof. | stand-in     |

**Defense date:** 2018, March 28

**Printed and electronic (pdf format) version of thesis is deposited in** Library of the Faculty of Food Technology  
Osijek, Franje Kuhača 20, Osijek.

## SADRŽAJ

1	UVOD.....	2
2	TEORIJSKI DIO.....	3
2.1	Pojam sira i proizvodnja .....	4
2.1.1	Definicija sira .....	4
2.1.2	Proizvodnja sira .....	4
2.2	Podjela i načini dobivanja sireva .....	5
2.2.1	Grušanje pomoću enzima.....	7
2.2.2	Grušanje pomoću kiselina .....	7
2.2.3	Grušanje djelovanjem topline .....	8
2.3	Sirevi dobiveni kiselinsko-toplinskom koagulacijom.....	8
2.3.1	Albuminski sir .....	8
2.3.2	Kuhani sir od mlijeka .....	8
2.3.3	Kuhani sir od svježeg sira .....	9
2.4	Značaj soli u sirarstvu .....	9
2.4.1	Utjecaj soli na strukturu i okus sira .....	9
2.4.2	Negativan utjecaj soli na zdravlje potrošača.....	10
2.4.3	Trendovi smanjenja količine natrija u siru .....	10
3	EKSPERIMENTALNI DIO .....	12
3.1	Zadatak.....	13
3.2	Materijali i metode rada.....	13
3.2.1	Sirovine za proizvodnju kuhanog sira.....	13
3.2.2	Laboratorijska proizvodnja kuhanog sira .....	13
3.2.3	Prinos sira .....	15
3.2.4	Određivanje sastava i fizikalno – kemijskih svojstava sira .....	16
3.2.5	Određivanje svojstava teksture.....	17
3.2.6	Analiza boje sireva.....	19
3.2.7	Senzorska analiza .....	20
3.2.8	Statistička obrada podataka .....	22
4	REZULTATI I RASPRAVA .....	23
4.1	Parametri proizvodnje.....	24
4.2	Prinos sira .....	24
4.3	Kemijska svojstva mladog i zrelog sira .....	25
4.4	Analiza teksturalnog profila .....	26

4.6	Senzorska ocjena sireva .....	34
4.6.1	Opisna svojstva sireva .....	34
4.6.2	Senzorska ocjena sireva metodom bodovanja.....	37
4.6.3	Prihvatljivost proizvoda.....	42
5	ZAKLJUČCI.....	43
6	LITERATURA.....	46

## **1 UVOD**

Sir je svježi ili zreli proizvod dobiven grušanjem mlijeka, stepke, vrhnja ili njihove kombinacije uz izdvajanje sirutke nastale tijekom obrade gruša (Tratnik, 1998).

Kuhani sir predstavlja najjednostavniji oblik iskorištenja i konzerviranja mlijeka. Tradicionalno se proizvodi na području sjeverozapadne i istočne Hrvatske. Proizvodi od kravljeg mlijeka, a u posljednje vrijeme pojedini proizvođači ga proizvode i od kozjeg, odnosno mješavine kozjeg i kravljeg mlijeka (Kirin, 2006.).

Glavni izvor natrija u prehrani je natrijev klorid odnosno kuhinjska sol. Sol se dodaje u sir radi poboljšanja okusa, pospješuje bubrenje proteina, smanjuje količinu vlage u siru, pospješuje poprimanje konačnog oblika kore, utječe na tok zrenja i produljuje trajnost sira (Tratnik i sur., 2015.).

Prekomjeren unos natrija povezuje se s hipertenzijom i povećanim rizikom od kardiovaskularnih bolesti i moždanog udara (Ruusunen i Puolanne, 2005.).

Cilj ovog istraživanja je bio ispitati mogućnost redukcije natrijevog klorida i djelomične zamjene natrijevog klorida kalijevim kloridom te ispitati utjecaj na senzorska, teksturalna i fizikalno-kemijska svojstva u proizvodnji kuhanog sira.



## **2 TEORIJSKI DIO**

## **2.1 Pojam sira i proizvodnja**

Prerada mlijeka u sir datira između 7000.-6000. godina prije Krista te predstavlja klasičan primjer konzerviranja hrane temeljen na fermentaciji mliječnog šećera, smanjivanju količine vode i dodatku kuhinjske soli (Lukač-Havranek, 1995.).

### **2.1.1 Definicija sira**

Prema Pravilniku o sirevima i proizvodima od sireva (NN 20/09), sirevi su svježi proizvodi ili proizvodi s različitim stupnjem zrelosti koji se proizvode odvajanjem sirutke nakon koagulacije mlijeka (kravljeg, ovčjeg, kozjeg, bivoljeg mlijeka i/ili njihovih mješavina), vrhnja, sirutke ili kombinacijom navedenih sirovina. U proizvodnji sireva dopuštena je uporaba mljekarskih kultura, sirila i/ili drugih odgovarajućih enzima i kiselina.

### **2.1.2 Proizvodnja sira**

Proizvodnja sira obuhvaća grušanje mlijeka, usitnjavanje gruša i oblikovanje sirnog zrna, koji se primjenjuju u proizvodnji svih tipova sira i specifične postupke koji se primjenjuju pri daljnjoj obradi gruša u proizvodnji određene vrste sira (Sarić, 2007.).

Najvažniji sastojak je bjelančevina kazein koja se u prirodi nalazi samo u mlijeku. Netopljivost kazeina u vodi te njegova koagulacija u kiselom mediju kod pH 4,6 vrlo su važna za proizvodnju sira. Osim kazeina, u mlijeku se nalaze proteini sirutke koji potječu iz krvi i mliječnih žlijezda. Proteini sirutke su albumin (35%) i globulin (10-15%) koji su topljivi u vodi i ne koaguliraju kod pH 4,6. U mlijeku se ukupno nalazi 80% kazeina, bjelančevine poznate kao netopljive u vodi te 20% proteina sirutke poznate kao topljive u vodi (Tratnik, 1998.).

Bit proizvodnje sira je provedba koagulacije proteina, tj. sirenje mlijeka gdje dolazi do oblikovanja sirnog gruša u sirno zrno koji dovodi do izdvajanja nastale sirutke, tako se dobiva svježi ili oblikovani, ali nezreli sir koji se podvrgava zrenju u zrionici (ili u salamuri) da bi nastao zreli sir željenih osobina (Tratnik, 1998.).

Osnovni preduvjet za dobivanje kvalitetnog sira je upotreba kvalitetnog mlijeka, a uz to kvaliteta sira ovisi i o obradi mlijeka te o provedbi tehnološkog procesa proizvodnje (Slačanac, 2015.).

## 2.2 Podjela i načini dobivanja sireva

Različiti načini proizvodnje sira razvijeni u pojedinim zemljama te različite klimatske zone i vrste životinja čije se mlijeko upotrebljava, utječu na postojanje raznih vrsta sira. Čak i male promjene u postupcima tijekom procesa proizvodnje rezultiraju razlikama u proizvedenim sirevima (Sarić, 2007.).

**Tablica 1** Podjela sireva prema određenim svojstvima (Tratnik, 1998.)

Podjela prema vrsti mlijeka korištenog pri proizvodnji sira	kravlji sir
	kozji sir
	ovčji sir
	sir od bivoljeg mlijeka
	sir od više vrsta mlijeka
Prema vrsti proteina	albuminski ili sirutkin
	kazeinski (od mlijeka)
	kazeinsko-albuminski
Podjela prema načinu grušanja	kiseli sirevi (proizvodnja fermentacijom pomoću bakterija mliječne kiseline ili dodatkom kiseline u mlijeko za sirenje)
	slatki sirevi (proizvodnja dodatkom sirila)
	mješoviti sirevi (kombinacijom oba načina)

Podjela s obzirom na udio mliječne masti u suhoj tvari	Ekstramasni – >60% m.m. u s.t.
	Punomasni – 45-60% m.m. u s.t.
	Masni – 25-45% m.m. u s.t.
	Polumasni - 10-25% m.m. u s.t.
	Posni - <10% m.m. u s.t.
Podjela sireva prema konzistenciji	Jako tvrdi sirevi - <50% vode u masi sira bez masti
	Tvrđi sirevi - 49-56% vode u masi sira bez masti
	Polutvrđi sirevi - 54-63% vode u masi sira bez masti
	Polumeki sirevi - 61-69% vode u masi sira bez masti
	Meki sirevi - >67% vode u masi sira bez masti
Podjela prema zrenju	Sirevi bez zrenja (svježi sirevi)
	Sirevi koji zriju uzrionici
	Sirevi koji zriju uz plijesni (Roquerfort)
	Zrenje sira u salamuri
	Čedarizacija
	Zrenje umotanih sireva u posebnoj foliji

U proizvodnji sira zgrušavanje mlijeka može se postići na nekoliko načina, ali bez obzira dali je riječ o proteinima sirutke ili kazeinu te bilo da je riječ o koagulaciji mlijeka djelovanjem kiseline, topline ili enzimima, osnovni je mehanizam vrlo sličan. Prvo dolazi do destabilizacije globula proteina te do poremećaja prirodne strukture što kao posljedicu ima smanjenje sila odbijanja između promijenjenih globula. Zatim dolazi do zbližavanja razdvojenih globula i povezivanja promijenjenih globula koje uvjetuje daljnju izmjenu strukture zbog međumolekularnih interakcija. I na kraju dolazi do organiziranja nove stabilne strukture proteina i oblikovanja trodimenzionalne mreže (gel) (Slačanac,2015).

Postoje tri načina grušanja mlijeka:

grušanje djelovanjem enzima

grušanje djelovanjem kiselina

grušanje djelovanjem topline

### **2.2.1 Grušanje pomoću enzima**

Jedan je od najstarijih postupaka u sirarskoj tehnologiji, provodi se pomoću kimozienskog pripravka (renin ili sirilo). Sirilo je ekstrakt probavnih enzima životinja (Tratnik i Božanić, 2012). Pomoću tih enzima i  $Ca^{+2}$  iona dolazi do koagulacije kazeina i nastaje slatki gruša, a proteini sirutke odlaze zajedno sa sirutkom zbog neosjetljivosti na djelovanje enzima.

### **2.2.2 Grušanje pomoću kiselina**

Grušanje pomoću kiseline može se provesti na više načina ili njihovom kombinacijom. Prvi način je izravnim zakiseljavanjem odnosno dodatkom neke kiseline (mliječne, limunske, octene, fosforna, klorovodična...) do pH 4,6 ili pomoću GDL (glukono-delta-laktone) gdje se glukoza iz laktoze postupno hidrolizira u glukonsku kiselinu, a drugi način je postupnim zakiseljavanjem mlijeka do pH 4,6 djelovanjem termofilne i mezofilne kulture bakterija mliječne kiseline (Tratnik, 1998).

Grušanje pomoću kiselina se najčešće primjenjuje u proizvodnji kremastih svježih sireva, mascarpone, mozzarella. Mogu se dodati i enzimi radi oblikovanja čvršćeg gruša, pri čemu se poveća prirodna viskoznost gruša, ali i sinereza (Tratnik, 1998).

### **2.2.3 Grušanje djelovanjem topline**

Toplinskom obradom proteini sirutke djelomično se denaturiraju što dovodi do stvaranja kompleksa s kazeinom što za posljedicu ima smanjenu učinkovitost formiranja mreže kazeina. Kako ne bi došlo to toga dodaju se kiseline ili proteolitički enzimi (Chinprahast i sur., 2015). Prema njihovom istraživanju zagrijavanje mlijeka na 70 °C i zakiseljavanje do pH 5,3 daje najveći prinos proteina u siru jer pH nije preblizu izoelektrične točke kazeina, a ni temperatura nije toliko visoka što ne dovodi do njihove potpune degradacije.

## **2.3 Sirevi dobiveni kiselinsko-toplinskom koagulacijom**

Postoje 3 vrste kuhanog sira: sirutkin ili albuminski sir, kuhani sir od mlijeka i kuhani sir od svježeg sira.

### **2.3.1 Albuminski sir**

Albuminski sir ili skuta je sir proizveden od sirutke koja ostaje nakon proizvodnje sirišnih sireva. Radi većeg iskorištenja sirutki se može dodati mlijeko, obrano mlijeko ili vrhnje. Prema konzistenciji sirutki sirevi mogu biti od svježih pa sve do tvrdih sireva za ribanje. U Europi postoji mnogo vrsta, a najpoznatiji sirutkin sir je Ricotta (Kammerlehner, 2003.).

### **2.3.2 Kuhani sir od mlijeka**

Domaći kuhani sir je hrvatski autohtoni proizvod, karakterističan za šire područje sjeverozapadne i istočne Hrvatske. Relativno jednostavna proizvodnja razlog je njegove velike rasprostranjenosti (Kirin, 2006.).

Proizvodi se zagrijavanjem mlijeka na 90-95 °C, te njegovim izravnim zakiseljavanjem kiselinom (Kirin, 2006). Prema načinu koagulacija svrstava se u kiselinsko-toplinsku koagulaciju koja se izaziva dodatkom organskih kiselina uz zagrijavanje (Lučan, 2015). Dobiveni gruš, soli se te oblikuje u kalupe i preša. Dobiva se konzistencija sira za rezanje, te se može konzumirati odmah nakon proizvodnje ili nakon dužeg vremena.

Kuhani sir se proizvodi od kravljeg mlijeka, dok se među pojedinim proizvođačima proizvodi od mješavine kozjeg i kravljeg mlijeka. Ima oblik koluta, odnosno krnjeg stošca različitih dimenzija. Kuhani sir može se i dimiti pa tako postoje dvije varijante sira: dimljeni i nedimljeni (Kirin, 2006.). Odlikuje se dobrim prinosom, prihvatljivim organoleptičkim svojstvima i relativno dugom trajnošću.

### **2.3.3 Kuhani sir od svježeg sira**

Proizvodna tehnologija ove vrste sira je posebna jer se sir kuha u sirutki. Glavni predstavnik ove skupine je Halloumi sir koji se proizvodi od ovčjeg, kozjeg ili kravljeg mlijeka, konzerviran je u slanoj sirutki, te je polutvrde konzistencije (Papademas i Robinson, 1998).

## **2.4 Značaj soli u sirarstvu**

Sol u siru utječe na tijek zrenja sira, smanjuje količinu vode u njemu i potpomaže oblikovanju njegove kore. Pospješuje bubrenje proteina te sudjeluje u stvaranju okusa, mirisa sira i poboljšava njegovu trajnost (Tratnik, 1998.).

### **2.4.1 Utjecaj soli na strukturu i okus sira**

Upijanje određene količine soli u sir ovisi o načinu provedbe soljenja, ali isto tako i označajkama sirne mase. Zbog trodimenzionalne mreže proteina sirni gruš je prošaran kapilarama. Mekši sirevi sadržavaju veću količinu vode u kapilarama gruša što utječe na veću propusnost soli u gruš (Tratnik, 1998.).

Na propusnost soli u gruš bitni utjecaj ima i pH vrijednost sirne mase tijekom soljenja. Veća količina soli može biti apsorbirana pri manjoj nego pri većoj pH vrijednosti. Ako je pH vrijednosti manja od 5,0 konzistencija sira postaje čvrsta i lomljiva, a pri pH vrijednosti većoj od 5,0 elastična (Tratnik, 1998.).

Viša temperatura izazvat će veći stupanj apsorpcije soli, a previsoka koncentracija soli u siru usporava procese zrenja, te utječe na neprirodnu boju tijesta i nepravilnu teksturu sira. Tada su sirevi preslani i lako postaju gorki (Tratnik, 1998.).

### 2.4.2 Negativan utjecaj soli na zdravlje potrošača

Kardiovaskularne bolesti su glavni uzrok smrtnosti u svijetu. Odgovorne su za 30% svih smrtnih slučajeva u svijetu. Uzroci kardiovaskularnih bolesti su: visok unos masnoća, visok unos soli, rafiniranih ugljikohidrata, debljina, genetski čimbenici, pušenje te neke druge bolesti kao što su bolesti štitnjače, dijabetes tipa 2 te stres (Reiner, 2008.; Jelaković i sur., 2009.).

Mnoga istraživanja su pokazala da čak i umjereno smanjenje unosa soli dovodi do sniženja arterijskog tlaka koji je jedan od najvažnijih čimbenika rizika od kardiovaskularnih bolesti. Zbog toga se smatra da bi se redukcijom unosa soli mogla značajno smanjiti pojava neželjenih kardiovaskularnih oboljenja i smrtnosti od tih bolesti (Reiner, 2008.; Jelaković i sur., 2009.).

Prosječni dnevni unos natrija premašuje prehrambene preporuke Svjetske zdravstvene organizacije (WHO, 2003.) prema kojima ukupna količina soli u prehrani treba iznositi manje od 5 g NaCl/danu/osobi (2 g Na/danu/osobi) (Reiner, 2008.; Jelaković i sur., 2009.).

### 2.4.3 Trendovi smanjenja količine natrija u siru

Preko 70% soli koju konzumiramo je skriveno u procesiranoj hrani, gdje se koristi kao pojačivač okusa, sredstvo za stvaranje teksture te kao konzervans. Od ukupne količine unesene u organizam, 75% je upotrijebljeno tijekom prerade i proizvodnje, 15% se dodaje tijekom kuhanja, a 10% čini dijetalni natrij koji je prisutan u hrani (Firmenich, 2007.).

Osim smanjenja masenog udjela NaCl-a koji dodajemo u proizvod, prisutna su još tri pristupa smanjenja udjela kuhinjske soli (NaCl) u procesiranoj hrani kao što su upotreba zamjena za NaCl (kalijev klorid, fosfati, kalijev laktat, glicin, kalcijev askorbat, kalcijev klorid te njihove kombinacije), upotreba poboljšivača okusa i maskirajućih tvari, optimiranje fizičkog oblika soli (Desmond, 2006.).

Današnja rješenja uključuju zamjenu za sol koja se uglavnom temelji na KCl-u, a ponekad na mješavini NaCl-a i KCl-a. Zamjene za sol daju proizvodu gorčinu što je glavni nedostatak ovog načina. Pojačivači okusa se temelje na upotrebi kvasca čime on pojačava slanost i okus što je jedna od glavnih funkcija soli (Firmenich, 2007.).



Upotreba soli ima bitan učinak u ljudskoj prehrani, ali njegova potrošnja se mora kontrolirati. Nedovoljan unos ili višak soli može imati negativan utjecaj na zdravlje. To je moguće ostvariti zamjenom najviše jedne trećine NaCl-a KCl-om, dok veće količine KCl-a proizvodu daju gorak okus (Daniel Goy i sur., 2012.).

Zbog slične strukture i slanog okusa, KCl se može koristiti kao djelomična zamjena za NaCl. Također može imati pozitivne učinke kao što su snižavanje krvnog tlaka, manji rizik od bolesti srca i moždanog udara (Ying Lu, 2012.).

### **3 EKSPERIMENTALNI DIO**

### 3.1 Zadatak

Cilj ovog rada bio je ispitati mogućnost redukcije natrijevog klorida i djelomične zamjene kalijevim kloridom te ispitati utjecaj na senzorska, teksturalna i fizikalno-kemijska svojstva u proizvodnji kuhanog sira.

U tu svrhu su provedena ispitivanja:

- utjecaja redukcije, odnosno djelomične zamjene na procesne parametre,
- aktiviteta vode u siru,
- boje dobivenog sira,
- osnovni kemijski sastav,
- svojstava teksture,
- pH vrijednosti sira,
- senzorskih svojstava.

### 3.2 Materijali i metode rada

#### 3.2.1 Sirovine za proizvodnju kuhanog sira

U ovom radu korištene su sljedeći materijali:

- pasteurizirano, svježe mlijeko (3,2% mliječne masti, Biz mljekara),
- vrhnje (35% min. mliječne masti, Biz mljekara),
- ocat (9% octene kiseline, „Kisko“, Badel d.o.o.),
- kuhinjska sol (NaCl, Tuzlanska sol, sitna, jodirana, Solana d.o.o),
- KCl (Gram-mol d.o.o., Pro analysi).

#### 3.2.2 Laboratorijska proizvodnja kuhanog sira

Mlijeko je standardizirano na 4 % mliječne masti. 1,5 L mlijeka je zagrijana do temperature 98-99°C uz konstantno miješanje kako ne bi došlo do zagaranja. Dodano je 1,5% alkoholnog octa te miješano do koagulacije.



**Slika 3.1.** Stvaranje gruša nakon kuhanja mlijeka i dodatka octa

Sirni gruš je potom prebačen u navlažene sirne marame i cijeden 2-3 minute uz prikupljanje sirutke.



**Slika 3.2.** Cijedenje gruša u sirnoj marami

Nakon cijedenja gruš je soljen ili mu je dodana zamjena za sol prema shemi (**Tablica 2**) te je gruš prebačen u kalupe s utezima i stavljen na prešanje uz okretanje sireva svakih 30 minuta. Mladi sir je nakon 1 dana sušenja stavljen na zrenje u komoru ( $T = 12 - 15 \text{ }^{\circ}\text{C}$ , vlažnost zraka 70 – 80 %). Pokusi su rađeni u 4 ponavljanja.

**Tablica 2** Shema dodatka soli/zamjene

uzorak	opis	NaCl (%)	KCl (%)
1	kontrolni	100	-
2	redukcija 35%	65	-
3	redukcija 50%	50	-
4	KCl 35%	65	35
5	KCl 50%	50	50



Slika 3.3. Komora za zrenje sireva

Analize su provedene 1 dan nakon proizvodnje (a) i nakon 7 dana zrenja (b).



a) mladi sir

b) zreli sir

Slika 3.4. Sirevi nakon proizvodnje i zrenja

### 3.2.3 Prinos sira

Po završetku proizvodnje izračunat je prinos (randman) sira ( $R$ ) prema sljedećoj formuli:

$$R = \frac{m_S}{m_M} \times 100 [\%] \quad (1)$$

gdje je:

$R$  [%] – prinos (masa sira u kg proizvedena iz 100 kg mlijeka za sirenje),

$m_S$  [kg] – masa dobivenog sira,

$m_M$  [kg] – masa mlijeka.

### 3.2.4 Određivanje sastava i fizikalno – kemijskih svojstava sira

Sastav sireva je određivan tako što su uzorci sira prvo bili homogenizirani te stavljeni u mjerno tijelo uređaja FoodScanAnalyser kojim je određivan sastav sireva. Tim uređajem su određene vrijednosti udjela vode, mliječne masti, proteina te klorida izraženih kao NaCl. Mjerno tijelo uređaja napunjeno je do vrha s 80 g sira nakon čega se umetne u posebnu komoru za uzorke koja se zatim zatvara i kreće se s mjerenjem.



Slika 3.5. FoodScanAnalyser uređaj

### pH VRIJEDNOST

pH metrom (3210, WTW, elektroda: ubodna: Blue Line 21 i Schott) su dobivene pH vrijednosti sireva prema službenoj metodi AOAC 962.19. Uzorak je bio usitnjen te homogeniziran mikserom kako bi pH u svim dijelovima bio jednak.



Slika 3.6. pH metar

### Aktivitet vode ( $a_w$ )

Aktivitet vode određen je pomoću RotronicHygrolab 3 (Rotronic AG, Bassersdorf, Switzerland) na usitnjenom uzorku pri sobnoj temperaturi.



Slika 3.7. RotronicHygrolab 3

### 3.2.5 Određivanje svojstava teksture

Tekstura ovisi o vrsti sira, pH, temperaturi, emulgirajućim solima, dodatku mliječnih ili nemliječnih sastojaka te o samom trajanju obrade. Svojstvo teksture utječe i na rezanje sira, rastezanje, miješanje i svojstvo topljenja. pH vrijednost zbog utjecaja na kazein ima jedan od najznačajnijih utjecaja na teksturu (Karlović i sur., 2009).

Razvijene su metode koje simuliraju žvakanje tzv. metoda dvostrukog zagriža. Metoda primjenjuje dva kompresijska ciklusa na uzorak i tako da se simulira početna faza žvakanja, a računalni program zapisuje krivulju promjene sile potrebne za kompresiju uzorka u vremenu podešenom prije eksperimenta (Muir i sur., 1997; Drake i sur., 1999). Iz toga se očitava čvrstoća, kohezivnost, elastičnost i tzv. odgođena elastičnost, a i iz njih se izračunavaju sekundarni parametri kao npr. otpor žvakanju (Foegeding i sur., 2003).

Za određivanje teksturalnog profila sira korišten je uređaj TA.XT2 i Plus (SMS Stable Micro Systems TextureAnalyzer, Surrey, England). Uzorci su narezani na kockice 20x20x20 mm, mjerenja su provedena u 5 ponavljanja, na sobnoj temperaturi ( $20 \pm 2^\circ\text{C}$ ).



**Slika 3.8.** Plus (SMS Stable Micro Systems TextureAnalyzer)

Iz dobivenih rezultata očitano je:

- čvrstoća (*hardness*) – visina prvog pika izražena u jedinicama sile (N) ili mase (g),
- kohezivnost (*cohesiveness*) – snaga unutrašnjih veza materijala potrebnih da zadrže uzorak koherentnim pri deformaciji, a definirana je omjerom površine ispod drugog i prvog pika,
- elastičnost (*resilience*) – mjera oporavka uzorka od deformacije pri prvoj kompresiji, a definirana je omjerom površine ispod krivulje tijekom prve dekompresije i površine ispod krivulje tijekom prve kompresije,



- odgođena elastičnost (*springiness*) – omjer visina uzorka do koje se on vraća tijekom vremena koje prođe između prve kompresije i početka druge kompresije i početne visine uzorka,
- otpor žvakanju (*chewiness*) – energija koju je potrebno utrošiti za žvakanje uzorka, tj. otpor uzorka žvakanju, a izražava se kao umnožak čvrstoće, kohezivnosti i odgođene elastičnosti i izražava se u jedinicama sile (N) ili mase (g).
- gumenost

### 3.2.6 Analiza boje sireva

Na Hunter- Lab Mini ScanXE provedeno je mjerenje boje (A60-1010-615 Model Colorimeter, Hunter-Lab, Reston, VA, USA). Određivana su tri parametra boje su: L, a i b. Instrument je standardiziran s bijelom i crnom keramičkom pločom ( $L^*=93,01$ ,  $a^*0=-1,11$  i  $b^* 0=1,30$ ) prije svakog mjerenja. Hunter-ove L, a i b vrijednosti podudaraju se sa sljedećim rasponima boja:

- $a^*$  - zeleno ( $-a^*$ ) ili crveno ( $+a^*$ ),
- $b^*$  - plavo ( $-b^*$ ) ili žuto ( $+b^*$ ),
- $L^*$  - svijetlo ( $L^*=100$ ) ili tamno ( $L^*=0$ ).



Slika 3.9. Hunter-Lab Mini ScanXE

Određivanje svojstava boje površine u tijesta rađeno je na sobnoj temperaturi ( $20 \pm 2^\circ\text{C}$ ). Mjerenja su rađena u 5 ponavljanja.

Ukupna promjena boje, prema dobivenim, izmjerenim vrijednostima boje uzoraka ( $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ ), može se izračunati prema jednadžbi  $\Delta E = \sqrt{(L_0^* - L^*)^2 + (a_0^* - a^*)^2 + (b_0^* - b^*)^2}$  (gdje 0 prikazuje početne vrijednosti uzoraka) (Lukinac-Čačić, 2012).

### 3.2.7 Senzorska analiza

Senzorska analiza se bavi proučavanjem reakcija na hranu pomoću osjetila vida, mirisa, okusa i sluha. Za određivanje senzorske kakvoće proizvoda koriste se sva ljudska osjetila (Mandić i Perl, 2006). Senzorske analize najčešće se primjenjuju kod određivanja senzorskih svojstava novog proizvoda, utjecaj zamjene jednog sastojka drugim te kod izbora novih sirovina.

Senzorska svojstva sireva su:

- aroma:
  - ✓ miris,
  - ✓ okus;
- tekstura:
  - ✓ kompaktnost,
  - ✓ šupljikavost,
  - ✓ zrnatost;
- izgled površine:
  - ✓ kora,
  - ✓ boja,
  - ✓ hrapavost/glatkoća,
  - ✓ oblik.

### Opisni parametri

Dimenzije sira su izmjerene mjerenjem, a mase sireva su utvrđene vaganjem. Senzorska svojstva kuhanog sira su utvrđena te su propisno prikazana prema Kirinu (2006): oblik (kolut, stožac, krnji stožac); boja (blijedožuta, svijetlosmeđa, umjereno smeđa, tamno/intenzivno smeđa); kora (glatka, ravna, tragovi gaze, neravna, gruba); prerez – tijesto (povezano, s okašcima, mrljama, šupljinama, bijele boje, blijedožute); konzistencija (homogeno, podatno tijesto, lako rezivo, bez lijepljenja za oštricu noža, mrvičasta struktura); miris (ugodan, po kuhanom mlijeku, blaga nijansa octa, miris dima, više ili manje izražen); okus (okus kuhanog svježeg mlijeka, slatkast, blago kiselkaste nijanse, osvježavajući, neutralni, okus po dimu).

## Metoda bodovanja

Metoda bodovanja se sastoji u primjeni skale od maksimalno 20 ponderiranih bodova za ukupnu senzorsku kvalitetu proizvoda (**Tablica 3**) uz upotrebu čimbenika značajnosti. Faktori značajnosti izražavaju značajnost u odnosu na ukupnu senzorsku kvalitetu (Filajdić, 1988). Kod svih uzoraka ocjenjivano je 6 parametara kvalitete (vanjski izgled, boja, stanje tijesta, slika na presjeku, miris i okus), ocjenama od 0 do 5 uz primjenu faktora značajnosti za svaki pojedini parametar. Dobivene ocjene množene s faktorom značajnosti daju odgovarajući broj ponderiranih bodova (Ritz i sur., 1991).

**Tablica 3** Kategorije kvalitete prema rasponu ponderiranih bodova (Primorac, 2006.)

Kategorija kvalitete	Raspon ponderiranih bodova
Izvrсна	17,6-20,0
Dobra	15,2-17,5
Osrednja	13,2-15,1
Prihvatljiva	11,2-13,1
Neprihvatljiva	<11,2

Najmanje tri člana su potrebna za provođenje bodovanja, te svaki član grupe mora na određenoj razini poznavati svojstva proizvoda kako bi mogao samostalno ocjenjivati (Primorac, 2006).

## Hedonistička skala

Hedonistička skala je jedna od najkorisnijih senzorskih metoda i pokazuje poželjnost i prihvatljivost gotovih proizvoda na temelju 9 mogućih odabira:

- 9 naročito visoko poželjan,
- 8 visoko poželjan,
- 7 osrednje poželjan,
- 6 neznatno poželjan,
- 5 neutralan,
- 4 neznatno nepoželjan,
- 3 osrednje nepoželjan,
- 2 visoko nepoželjan,
- 1 naročito visoko nepoželjan (Ritz i sur., 1992).

### 3.2.8 Statistička obrada podataka

Rezultati su prikazani kao srednja vrijednost ponavljanja  $\pm$  standardna devijacija. Svi rezultati su obrađeni u programima Excel 2016 (Microsoft) i XLStat 2014 (Addinsoft). Također su provedene analize varijance (one-way ANOVA) te potom Fischerov LSD test najmanje značajne razlike (eng. *Least significant difference*), te multitrivijalna analiza (Pearsonova korelacijska matrica s nivoima značajnosti od 5%) podataka dobivenih ispitivanjem kemijskih, teksturalnih i senzorskih svojstava sira.

## **4 REZULTATI I RASPRAVA**

## 4.1 Parametri proizvodnje

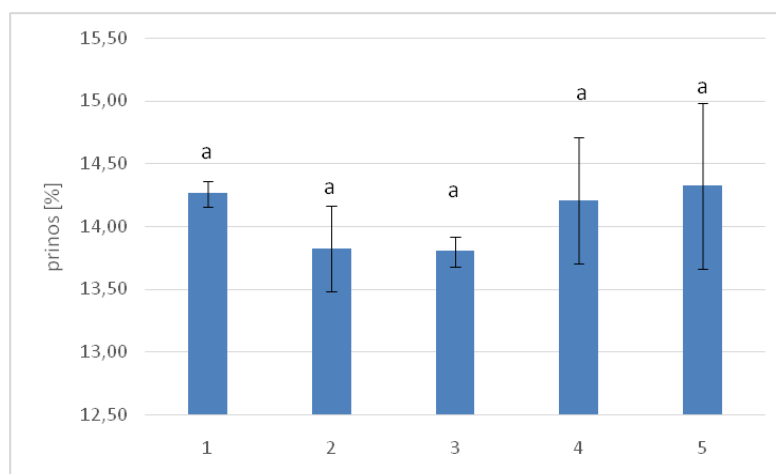
U **Tablici 4** dani su parametri proizvodnje. Proizvodnja sireva je provedena uz jednake parametre proizvodnje, s jedinom razlikom u koncentraciji i vrsti soli, gdje je kontrolni uzorak proizveden standardnom proizvodnjom s dodatkom NaCl-a, u uzorku 2 NaCl je bio reduciran za 35%, a u uzorku 3 za 50%, dok je kod uzorka 4 35% NaCl-a djelomično zamijenjeno KCl-om, a u uzorku 5 s 50%.

**Tablica 4** Parametri proizvodnje sireva

Uzorci	1	2	3	4	5
opis uzorka	kontrolni	redukcija 35%	redukcija 50%	zamjena KCl-om 35%	zamjena KCl-om 50%
masa mlijeka 4,0 % [g]	1500	1500	1500	1500	1500
temperature koagulacije [°C]	98-99	98-99	98-99	98-99	98-99
volumen octa [ml]	22,5	22,5	22,5	22,5	22,5
masa NaCl-a [g]	3,75	2,4375	1,875	2,4375	1,875
masa KCl-a [g]	-	-	-	1,3125	1,875
masa sira [g]	194,10	187,8	186,8	191,55	194,4

## 4.2 Prinos sira

Teorijski prinos (randman) kuhanog sira prema Štefakovu (1990.) kreće se od 10 do 12%, dok je u ovom istraživanju prinos sira s obzirom na masu mlijeka bio nešto veći; od 13,82% u uzorku 2 (redukcija 35%) do 14,32% u uzorku 5 (KCl 50%) koji je sadržavao najmanji udio mliječne masti i najveći udio bezmasne suhe tvari. Nije pronađena statistički značajna razlika između uzoraka.



Podaci predstavljaju srednje vrijednosti ( $\pm$ SD) 4 ponavljanja. Srednje vrijednosti označene istim slovom nisu statistički značajno različite ( $p < 0,05$ ) prema Fisherovom LSD testu najmanje značajne razlike.

Legenda: 1 - kontrolni uzorak, 2- redukcija 35% NaCl, 3- redukcija 50% NaCl, 4- zamjena KCl 35%, 5- zamjena KCl 50%

Slika 4.1. Prinos sira s obzirom na masu mlijeka za sirenje

## 4.3 Kemijska svojstva mladog i zrelog sira

Tablica 5 Kemijski sastav mladog sira

SASTAV	UZORAK				
	1	2	3	4	5
Mliječna mast [%]	27,32±0,01 <sup>d</sup>	28,17 ± 0,01 <sup>a</sup>	27,58 ± 0,02 <sup>c</sup>	28,12 ± 0,01 <sup>b</sup>	26,96 ± 0,00 <sup>e</sup>
Voda [%]	48,62 ± 0,07 <sup>a</sup>	47,32±0,03 <sup>e</sup>	48,01 ± 0,01 <sup>b</sup>	47,62 ± 0,00 <sup>d</sup>	47,72 ± 0,07 <sup>c</sup>
Proteini [%]	19,64 ± 0,00 <sup>c</sup>	20,51± 0,01 <sup>a</sup>	20,29 ± 0,04 <sup>a</sup>	19,45 ± 0,00 <sup>d</sup>	20,16 ± 0,02 <sup>b</sup>
Suhatvar [%]	51,39 ± 0,07 <sup>e</sup>	52,69± 0,03 <sup>a</sup>	51,99 ± 0,01 <sup>d</sup>	52,39 ± 0,00 <sup>b</sup>	52,29 ± 0,07 <sup>c</sup>
Mm u s.t. [%]	53,16 ± 0,07 <sup>c</sup>	53,46± 0,01 <sup>b</sup>	53,05 ± 0,03 <sup>d</sup>	53,68 ± 0,02 <sup>a</sup>	51,56 ± 0,07 <sup>e</sup>
BMT [%]	72,69 ± 0,00 <sup>b</sup>	71,84 ± 0,01 <sup>e</sup>	72,42 ± 0,02 <sup>c</sup>	71,88 ± 0,01 <sup>d</sup>	73,04 ± 0,00 <sup>a</sup>
Voda u BMT [%]	66,88 ± 0,10 <sup>a</sup>	65,87± 0,03 <sup>c</sup>	66,29 ± 0,00 <sup>b</sup>	66,24 ± 0,02 <sup>b</sup>	65,33 ± 0,10 <sup>d</sup>
a <sub>w</sub>	0,973 ± 0,000 <sup>c</sup>	0,975 ± 0,001 <sup>b</sup>	0,977 ± 0,001 <sup>a</sup>	0,973 ± 0,000 <sup>c</sup>	0,970 ± 0,001 <sup>d</sup>
pH	5,544 ± 0,002 <sup>d</sup>	5,551± 0,000 <sup>bc</sup>	5,553 ± 0,002 <sup>b</sup>	5,580 ± 0,004 <sup>a</sup>	5,549 ± 0,000 <sup>c</sup>

Podaci predstavljaju srednje vrijednosti (±SD) 4 ponavljanja. Srednje vrijednosti označene istim slovom nisu statistički značajno različite (p<0,05) prema Fisherovom LSD testu najmanje značajne razlike. Legenda: 1 - kontrolni uzorak, 2- redukcija 35% NaCl, 3- redukcija 50% NaCl, 4- zamjena KCl 35%, 5- zamjena KCl 50%

**Tablica 5** prikazuje osnovni kemijski sastav sireva te aktivitet vode i pH vrijednosti. Iako su sirevi proizvedeni od iste polazne sirovine, između svih uzoraka postoji statistički značajna razlika u udjelima glavnih sastojaka sira (mliječna mast, proteini, ukupna suha tvar), na što je utjecao različit sastav i količina upotrijebljene soli te posljedično različita sposobnost otpuštanja sirutke.

Prema udjelu vode u bezmasnoj tvari sira (65,33 – 66,88%) svi se ispitivani uzorci mogu svrstati u skupinu polutvrdih sireva, dok se prema udjelu masti u suhoj tvari sira uzorci svrstavaju u punomasne sireve prema Pravilniku o sirevima i proizvodima od sireva (2009.).

Najveći udio suhe tvari je imao uzorak 2 s 35%-tnom redukcijom soli koji je imao i najveći postotak mliječne masti i samim time najmanji postotak vode. Uzorak 3 s 50% manje NaCl-a je imao najveći aktivitet vode.

Tablica 6 Kemijski sastav zrelog sira

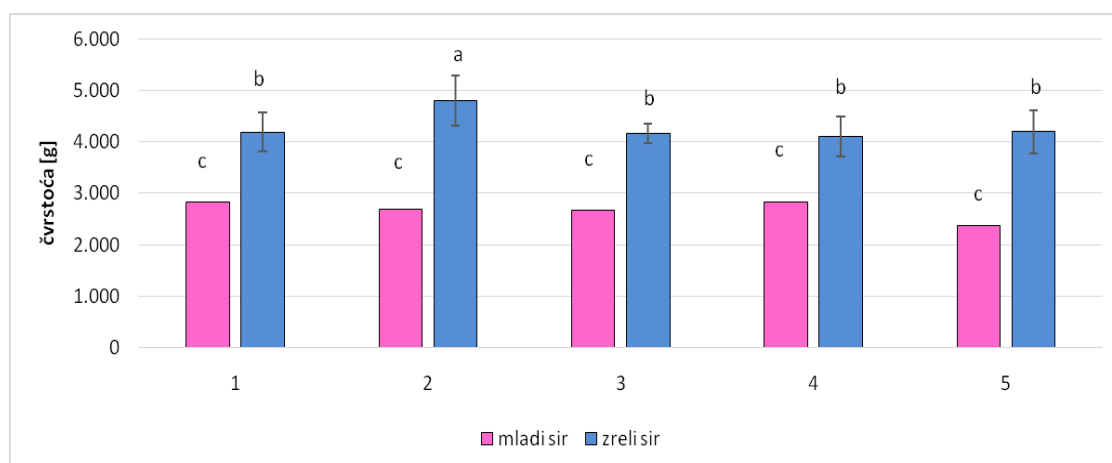
SASTAV	UZORAK				
	1	2	3	4	5
Mliječna mast [%]	29,09± 0,01 <sup>d</sup>	29,19± 0,05 <sup>c</sup>	30,29± 0,01 <sup>a</sup>	28,35± 0,02 <sup>e</sup>	29,38± 0,02 <sup>b</sup>
Voda [%]	43,90± 0,03 <sup>c</sup>	43,41±0,23 <sup>d</sup>	42,86± 0,05 <sup>e</sup>	45,06±0,05 <sup>a</sup>	44,11± 0,00 <sup>b</sup>
Proteini [%]	20,42± 0,01 <sup>b</sup>	21,13± 0,19 <sup>a</sup>	21,16± 0,04 <sup>a</sup>	20,57± 0,04 <sup>b</sup>	20,00± 0,04 <sup>c</sup>
Suhatvar [%]	56,11± 0,03 <sup>c</sup>	56,60± 0,23 <sup>b</sup>	57,15± 0,05 <sup>a</sup>	54,95± 0,05 <sup>e</sup>	55,90± 0,00 <sup>d</sup>
Mm u s.t. [%]	51,84± 0,01 <sup>c</sup>	51,58± 0,13 <sup>d</sup>	53,01± 0,07 <sup>a</sup>	51,59± 0,08 <sup>d</sup>	52,55± 0,05 <sup>b</sup>
BMT [%]	70,92 ± 0,01 <sup>b</sup>	70,81± 0,05 <sup>c</sup>	69,71± 0,01 <sup>e</sup>	71,66± 0,02 <sup>a</sup>	70,63± 0,03 <sup>d</sup>
Voda u BMT [%]	61,90± 0,03 <sup>c</sup>	61,30± 0,29 <sup>d</sup>	61,48± 0,09 <sup>d</sup>	62,88± 0,09 <sup>a</sup>	62,45± 0,03 <sup>b</sup>
a <sub>w</sub>	0,973 ± 0,002 <sup>c</sup>	0,981± 0,001 <sup>a</sup>	0,976± 0,001 <sup>b</sup>	0,973 ± 0,001 <sup>c</sup>	0,968± 0,001 <sup>d</sup>
pH	5,570± 0,002 <sup>a</sup>	5,498± 0,003 <sup>c</sup>	5,555± 0,005 <sup>b</sup>	5,487± 0,001 <sup>d</sup>	5,558± 0,004 <sup>b</sup>

Podaci predstavljaju srednje vrijednosti (±SD) 4 ponavljanja. Srednje vrijednosti označene istim slovom nisu statistički značajno različite (p<0,05) prema Fisherovom LSD testu najmanje značajne razlike. Legenda: 1 - kontrolni uzorak, 2- redukcija 35% NaCl, 3– redukcija 50% NaCl, 4- zamjena KCl 35%, 5- zamjena KCl 50%

Tijekom zrenja došlo je do daljnjeg otpuštanja sirutke, i posljedično do povećanja mliječne masti sira, proteina i suhe tvari. Kod uzorka 3 s 50 %-tnom redukcijom soli došlo je do najvećeg gubitka vode, pa je ovaj uzorak na kraju imao i najveći udio suhe tvari.

Prema udjelu mliječne masti u suhoj tvari sira (51,58 - 53,01 %), proizvedeni kuhani sirevi nakon zrenja također se svrstavaju u kategoriju punomasnih sireva, dok prema udjelu vode u bezmasnoj tvari sira (61,30 –62,88 %) u kategoriju polutvrdih sireva.

#### 4.4 Analiza teksturalnog profila

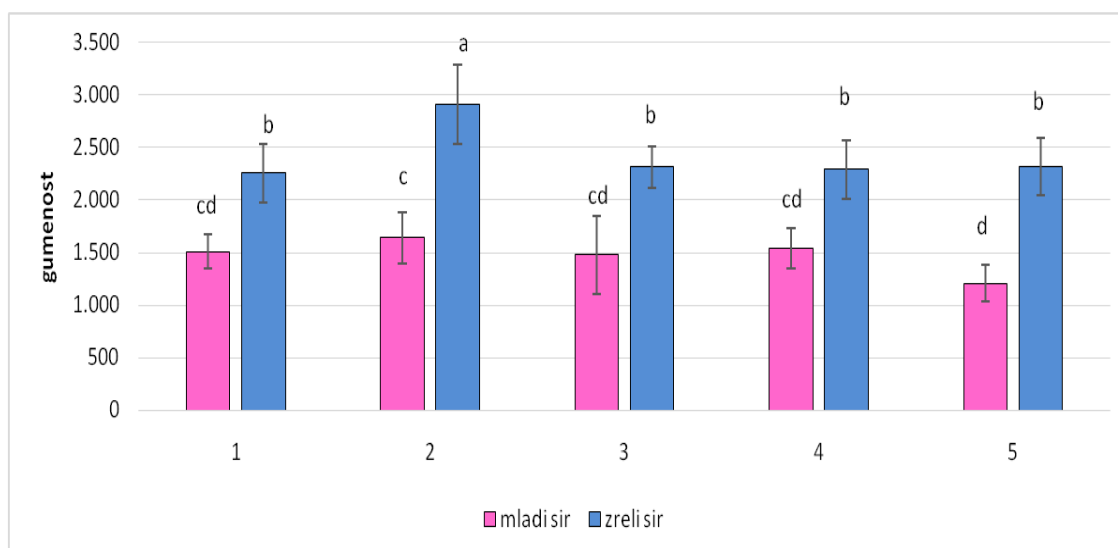


Podaci predstavljaju srednje vrijednosti (±SD) 5 ponavljanja. Srednje vrijednosti označene istim slovom nisu statistički značajno različite (p<0,05) prema Fisherovom LSD testu najmanje značajne razlike. Legenda: 1 - kontrolni uzorak, 2- redukcija 35% NaCl, 3– redukcija 50% NaCl, 4- zamjena KCl 35%, 5- zamjena KCl 50%

Slika 4.2. Čvrstoća ispitana analizom teksturalnog profila sira



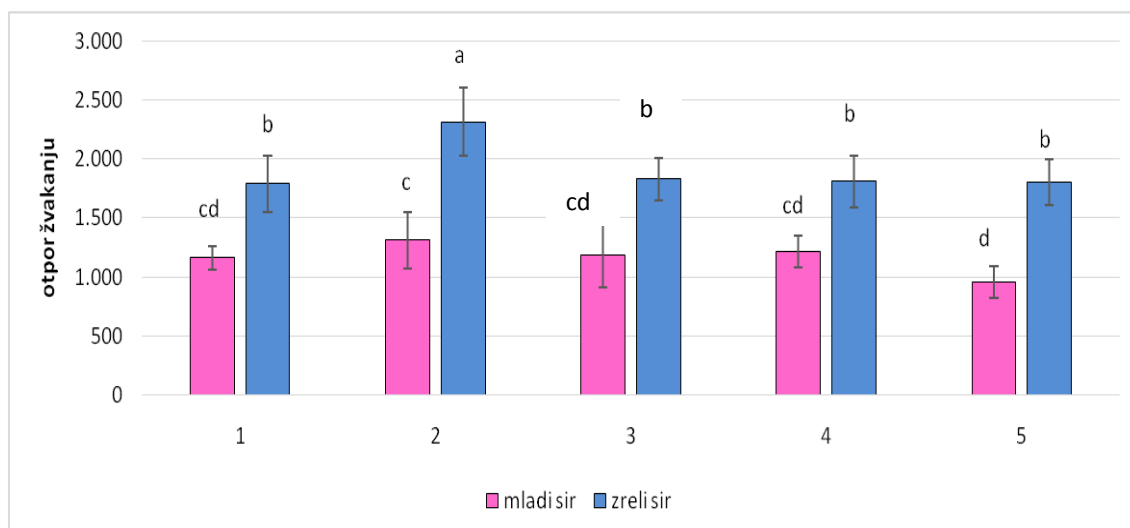
Vidljivo je da tijekom zrenja došlo do povećanja vrijednosti parametra čvrstoće. Među uzorcima mladog sira nema statistički značajne razlike, dok je nakon zrenja značajno najveću vrijednost imao uzorak 2 (redukcija 35%) s najvišim udjelom proteina. Postoji statistički značajna pozitivna korelacija između čvrstoće i kohezivnosti (0,931), gumenosti (0,989) i otpora žvakanju (0,989) kod zrelog sira (Tablica 9).



Podaci predstavljaju srednje vrijednosti ( $\pm$ SD) 5 ponavljanja. Srednje vrijednosti označene istim slovom nisu statistički značajno različite ( $p < 0,05$ ) prema Fisherovom LSD testu najmanje značajne razlike. Legenda: 1 - kontrolni uzorak, 2- redukcija 35% NaCl, 3- redukcija 50% NaCl, 4- zamjena KCl 35%, 5- zamjena KCl 50%

**Slika 4.3.** Gumenost ispitana analizom teksturalnog profila sira

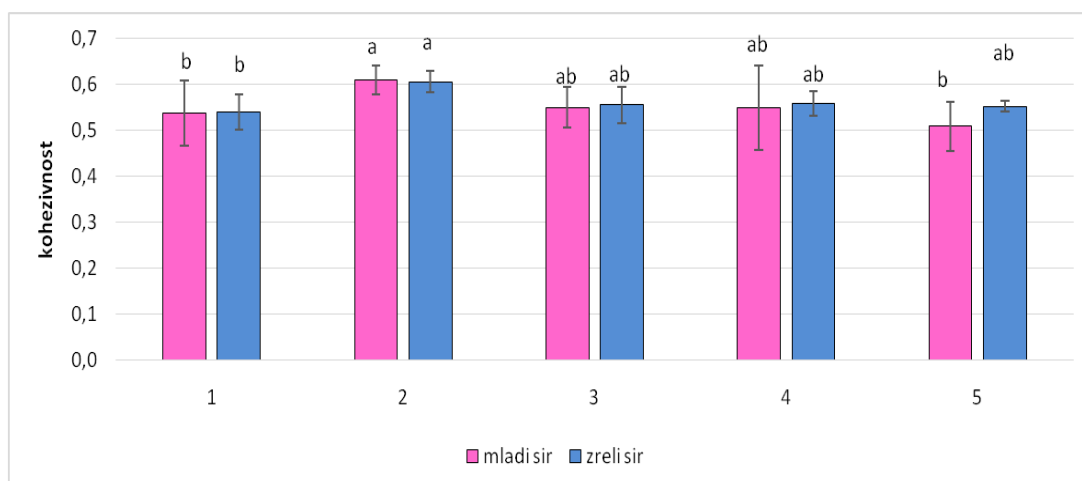
Gumenost se također povećala zrenjem. Najveću gumenost nakon proizvodnje imao je uzorak 2 kao i nakon zrenja. Najnižu vrijednost gumenosti nakon proizvodnje imao je uzorak 5 (KCl 50%) s najnižim udjelom mliječne masti. Također postoji pozitivna korelacija gumenosti i mliječne masti u suhoj tvari (0,946). Postoji i pozitivna korelacija između gumenosti i otpora žvakanju (0,991), elastičnosti (0,944) kod mladog sira. Kod zrelog sira vidljiva je pozitivna korelacija između gumenosti i kohezivnosti (0,975), otpora žvakanju (0,998) i elastičnosti (0,976).



Podaci predstavljaju srednje vrijednosti ( $\pm$ SD) 5 ponavljanja. Srednje vrijednosti označene istim slovom nisu statistički značajno različite ( $p < 0,05$ ) prema Fisherovom LSD testu najmanje značajne razlike. Legenda: 1 - kontrolni uzorak, 2- redukcija 35% NaCl, 3– redukcija 50% NaCl, 4- zamjena KCl 35%, 5- zamjena KCl 50%

**Slika 4.4.** Opor žvakanju ispitan analizom teksturalnog profila sira

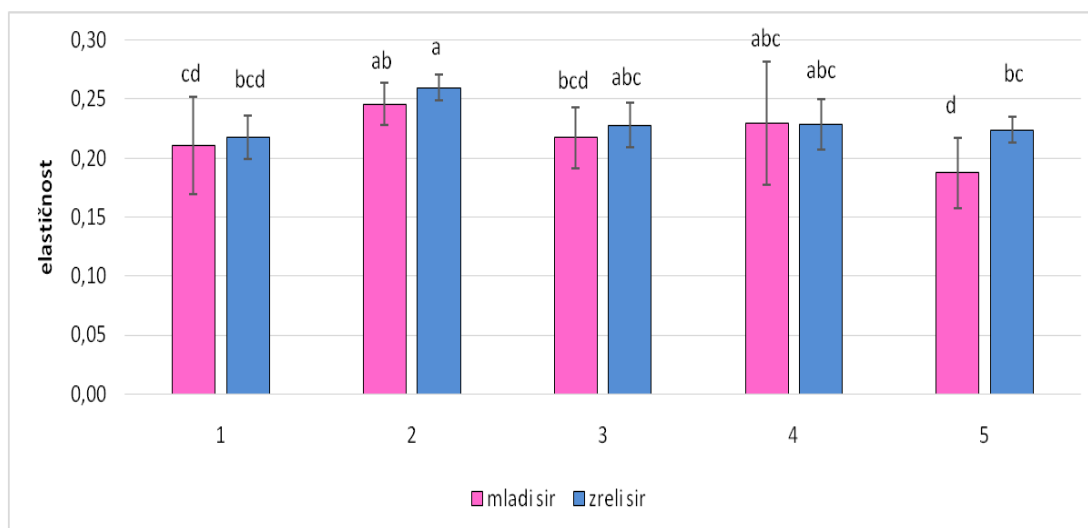
Opor žvakanju predstavlja energiju koju je potrebno utrošiti za žvakanje. Najveći otpor žvakanju imao je uzorak 2 mladog i zrelog sira, dok je ponovno najniže vrijednosti pokazao uzorak 5. Iz tablice je vidljiva pozitivna korelacija između otpora žvakanju i kohezivnosti (0,899) kod mladog te kod zrelog sira (0,970) i elastičnosti (0,972) kod mladog sira, a kod zrelog (0,975).



Podaci predstavljaju srednje vrijednosti ( $\pm$ SD) 5 ponavljanja. Srednje vrijednosti označene istim slovom nisu statistički značajno različite ( $p < 0,05$ ) prema Fisherovom LSD testu najmanje značajne razlike. Legenda: 1 - kontrolni uzorak, 2- redukcija 35% NaCl, 3– redukcija 50% NaCl, 4- zamjena KCl 35%, 5- zamjena KCl 50%

**Slika 4.5.** Kohezivnost ispitan analizom teksturalnog profila sira

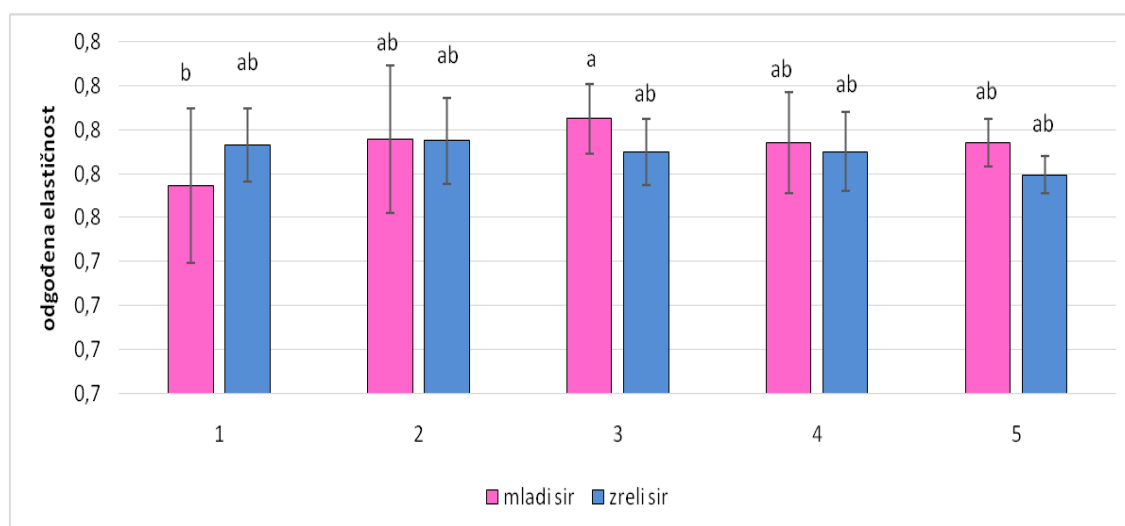
Najveću kohezivnost također je pokazao uzorak 2 mladog i zrelog sira. Zrenje nije značajno utjecalo na promjenu ovog parametra. Pronađena je pozitivna korelacija između kohezivnosti i elastičnosti (0,932) kod mladog i (0,999) kod zrelog sira.



Podaci predstavljaju srednje vrijednosti ( $\pm$ SD) 5 ponavljanja. Srednje vrijednosti označene istim slovom nisu statistički značajno različite ( $p < 0,05$ ) prema Fisherovom LSD testu najmanje značajne razlike. Legenda: 1 - kontrolni uzorak, 2- redukcija 35% NaCl, 3– redukcija 50% NaCl, 4- zamjena KCl 35%, 5- zamjena KCl 50%

**Slika 4.6.** Elastičnost ispitana analizom teksturalnog profila sira

Elastičnost predstavlja mjeru oporavka uzorka od deformacije i ona je ponovno najviša u uzorku 2. Pronađena je pozitivna korelacija između elastičnosti i udjela masti (0,963).



Podaci predstavljaju srednje vrijednosti ( $\pm$ SD) 5 ponavljanja. Srednje vrijednosti označene istim slovom nisu statistički značajno različite ( $p < 0,05$ ) prema Fisherovom LSD testu najmanje značajne razlike. Legenda: 1 - kontrolni uzorak, 2- redukcija 35% NaCl, 3– redukcija 50% NaCl, 4- zamjena KCl 35%, 5- zamjena KCl 50%

**Slika 4.7.** Odgođena elastičnost ispitana analizom teksturalnog profila sira

Prema podacima za odgođenu elastičnost uzorak 3 je imao najveću vrijednost kod mladog sira, a kod zrelog sira najveću vrijednost ima uzorak 2. Kod zrelog sira ne postoji statistički značajna razlika među uzorcima. Vidljivo je da su promjene odgođene elastičnosti tijekom zrenja različite.

**Tablica 7** Pearsonova korelacijska matrica podataka dobivenih ispitivanjem utjecaja kemijskog sastava na teksturu mladog sira

varijabla	čvrstoća	ljepljivost	odgođena elastičnost	kohezivnost	gumenost	otpor žvakanju	elastičnost
mast	0,623	-0,568	0,277	0,825	0,861	<b>0,898</b>	<b>0,963</b>
voda	0,297	0,395	-0,640	-0,502	-0,138	-0,239	-0,454
proteini	-0,597	0,688	0,577	0,335	-0,103	-0,014	0,029
NaCl	-0,473	-0,374	-0,275	-0,707	-0,735	-0,764	-0,655
s.t	-0,297	-0,395	0,640	0,502	0,138	0,239	0,454
mm/s.t	<b>0,926</b>	-0,440	-0,057	0,682	<b>0,946</b>	<b>0,929</b>	0,876
BMT	-0,623	0,568	-0,277	-0,825	-0,861	<b>-0,898</b>	<b>-0,963</b>
voda/BMT	0,859	0,001	-0,529	0,079	0,538	0,449	0,248
a <sub>w</sub>	0,515	0,230	0,403	0,601	0,695	0,735	0,633
pH	0,372	<b>-0,924</b>	0,299	0,059	0,233	0,264	0,371

Podebljane vrijednosti su statistički značajne na nivou značajnosti  $p < 0,05$

**Tablica 8** Pearsonova korelacijska matrica podataka dobivenih ispitivanjem teksture mladog sira

varijabla	čvrstoća	ljepljivost	odgođena elastičnost	kohezivnost	gumenost	otpor žvakanju	elastičnost
čvrstoća	<b>1</b>	-0,396	-0,359	0,416	0,819	0,757	0,645
ljepljivost		<b>1</b>	0,008	-0,070	-0,240	-0,236	-0,356
odgođena elastičnost			<b>1</b>	0,209	-0,049	0,081	0,191
kohezivnost				<b>1</b>	0,861	<b>0,899</b>	<b>0,932</b>
gumenost					<b>1</b>	<b>0,991</b>	<b>0,944</b>
otpor žvakanju						<b>1</b>	<b>0,972</b>
elastičnost							<b>1</b>

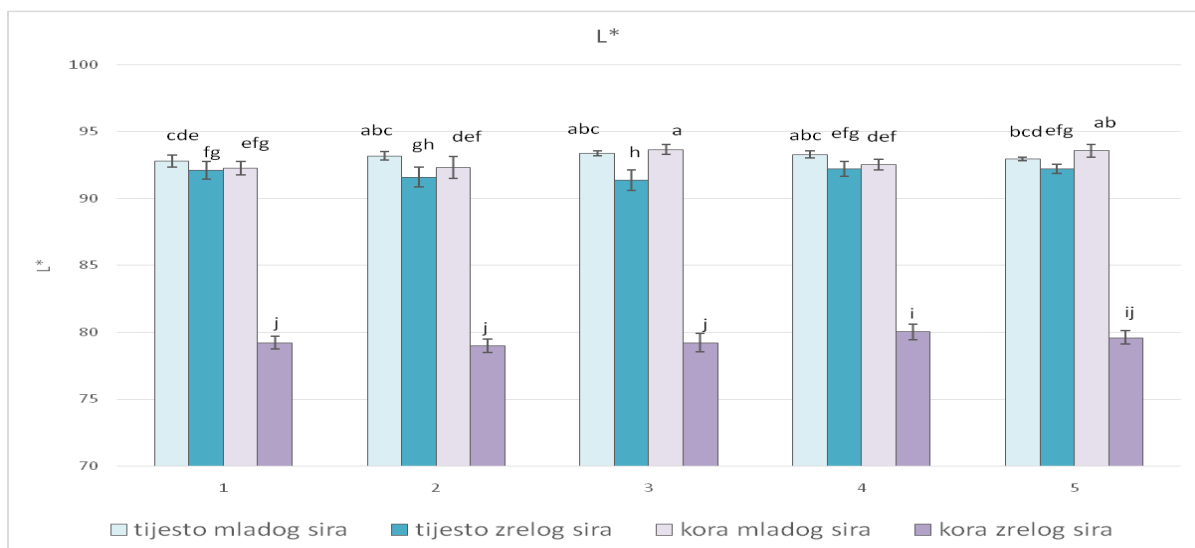
Podebljane vrijednosti su statistički značajne na nivou značajnosti  $p < 0,05$

**Tablica 9** Pearsonova korelacijska matrica podataka dobivenih ispitivanjem teksture zrelog sira

varijable	čvrstoća	ljepljivost	odgođena elastičnost	kohezivnost	gumenost	otpor žvakanju	elastičnost
čvrstoća	1	0,399	0,473	<b>0,931</b>	<b>0,989</b>	<b>0,989</b>	<b>0,933</b>
ljepljivost		1	-0,133	0,600	0,482	0,460	0,585
odgođena elastičnost			1	0,412	0,459	0,511	0,458
kohezivnost				1	<b>0,975</b>	<b>0,970</b>	<b>0,999</b>
gumenost					1	<b>0,998</b>	<b>0,976</b>
otpor žvakanju						1	<b>0,975</b>
elastičnost							1

Podobljane vrijednosti su statistički značajne na nivou značajnosti  $p < 0,05$

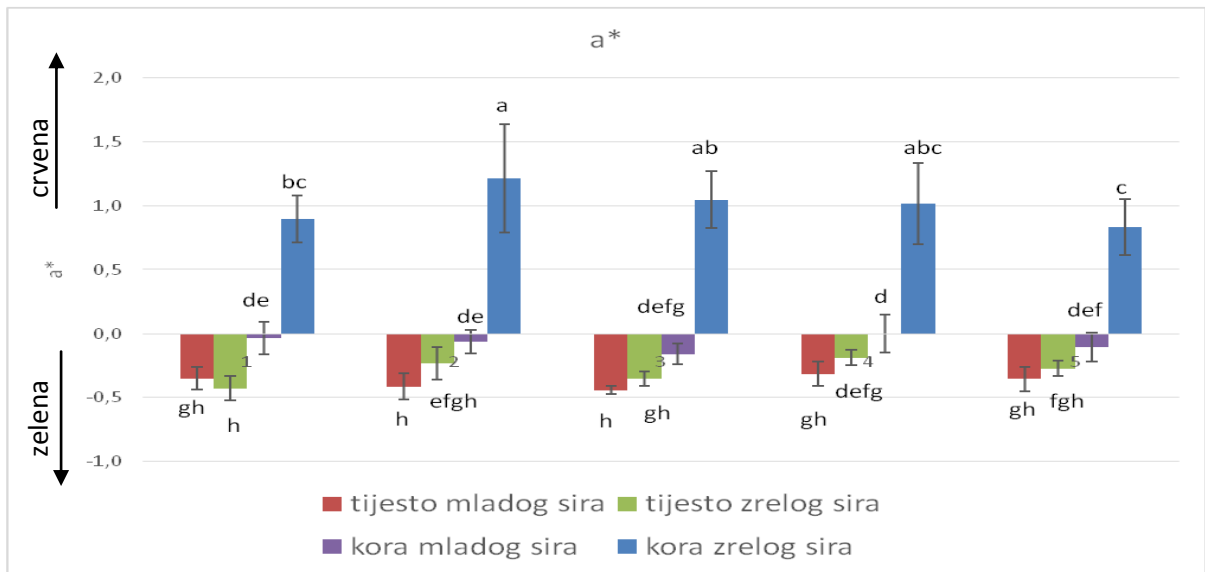
#### 4.5 Rezultati analize boje sira



Podaci predstavljaju srednje vrijednosti ( $\pm$ SD) 5 ponavljanja. Srednje vrijednosti označene istim slovom nisu statistički značajno različite ( $p < 0,05$ ) prema Fisherovom LSD testu najmanje značajne razlike. Legenda: 1 - kontrolni uzorak, 2- redukcija 35% NaCl, 3– redukcija 50% NaCl, 4- zamjena KCl 35%, 5- zamjena KCl 50%

**Slika 4.8.**  $L^*$  komponenta svjetline sireva

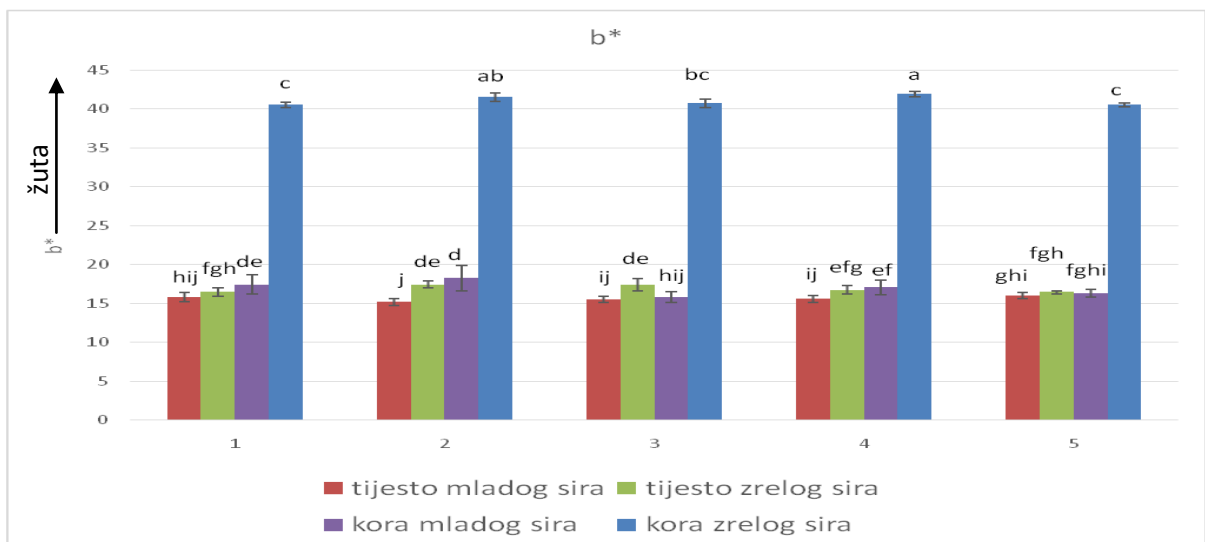
Iz podataka prikazanih na slici vidljivo je da su tijesto i kora svih uzoraka mladog kuhanog sira svijetle boje, te im je raspon tijesta 92,79 – 93,39, a raspon kore 92,26 – 93,68 ( $L^* = 100$  potpuno svijetlo). Također tijesto zrelog sira imalo je svijetlu boju (91,38 -92,21) dok je kora tijekom zrenja počela lagano tamniti i  $L^*$  vrijednost je poprimila niže vrijednosti (78,99 – 80,03).



Podaci predstavljaju srednje vrijednosti ( $\pm$ SD) 5 ponavljanja. Srednje vrijednosti označene istim slovom nisu statistički značajno različite ( $p < 0,05$ ) prema Fisherovom LSD testu najmanje značajne razlike. Legenda: 1 - kontrolni uzorak, 2- redukcija 35% NaCl, 3- redukcija 50% NaCl, 4- zamjena KCl 35%, 5- zamjena KCl 50%

**Slika 4.9.**  $a^*$  komponenta odnosa crvene i zelene boje uzoraka sireva

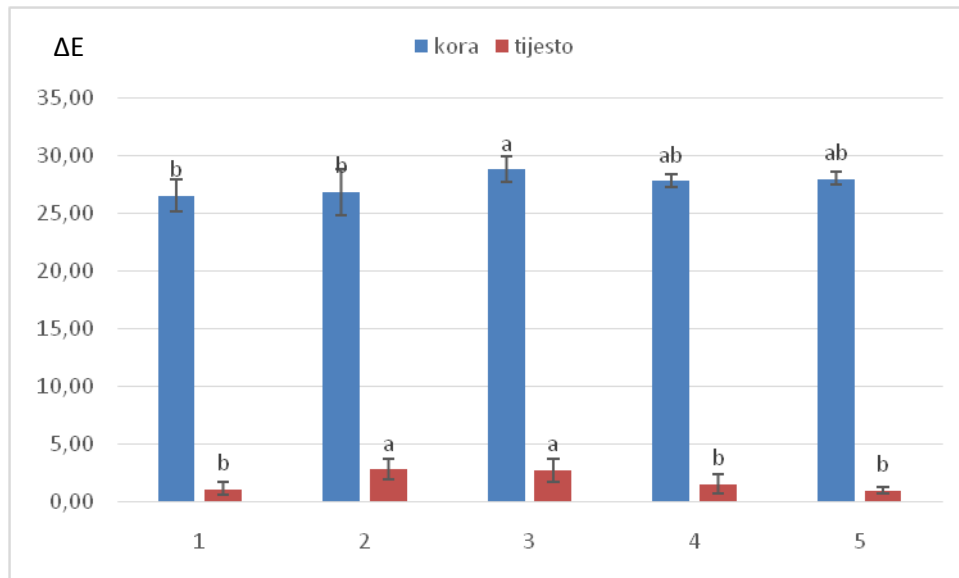
Parametar  $a^*$  označava raspon boja od zelene ( $-a^*$ ) do crvene ( $+a^*$ ). Vidljivo je da tijesto i mladog i zrelog sira imaju negativne vrijednosti parametra  $a^*$  što znači da imaju zeleni ton. Kora mladog sira također ima negativne vrijednosti ovog parametra, dok je zreli sir poprimio crvenkastu nijansu (pozitivne vrijednosti). Najvišu vrijednost parametra  $a^*$  imao je uzorak 2 (1,214), a najmanju uzorak 5.



Podaci predstavljaju srednje vrijednosti ( $\pm$ SD) 5 ponavljanja. Srednje vrijednosti označene istim slovom nisu statistički značajno različite ( $p < 0,05$ ) prema Fisherovom LSD testu najmanje značajne razlike. Legenda: 1 - kontrolni uzorak, 2- redukcija 35% NaCl, 3- redukcija 50% NaCl, 4- zamjena KCl 35%, 5- zamjena KCl 50%

**Slika 4.10.**  $b^*$  komponenta odnosa žute i plave boje sireva

Parametar  $b^*$  označava raspon boja od žute ( $+b^*$ ) do plave ( $-b^*$ ). Vidljivo je da su sve vrijednosti pozitivne što ukazuje da svi uzorci imaju žuti ton. Zrenjem se povećala vrijednost  $b^*$  kore kuhanog sira, ali promjena boje tijesta nije bila značajna. Najveću  $b^*$  vrijednost kore nakon zrenja imao je uzorak 4 (41,942).



Podaci predstavljaju srednje vrijednosti ( $\pm$ SD) 5 ponavljanja. Srednje vrijednosti označene istim slovom nisu statistički značajno različite ( $p < 0,05$ ) prema Fisherovom LSD testu najmanje značajne razlike. Legenda: 1 - kontrolni uzorak, 2- redukcija 35% NaCl, 3– redukcija 50% NaCl, 4- zamjena KCl 35%, 5- zamjena KCl 50%

**Slika 4.11.** Ukupna promjena boje kore i tijesta

Iz grafičkog prikaza je vidljivo da je najveću ukupnu promjenu boje ( $\Delta E$ ) kore imao uzorak 3 s najvišim udjelom mliječne masti, proteina i ukupne suhe tvari, dok su kod tijesta najveće promjene boje tijekom zrenja ustanovljene kod uzoraka 2 i 3. Pronađena je negativna korelacija (**Tablica 10**) između ukupne promjene boje kore (-0,882) i tijesta (-0,901) i vrijednosti parametra  $b^*$  kod mladog sira i negativna korelacija ukupne promjene boje tijesta i vrijednosti parametra  $L^*$  (-0,926) kod zrelog sira. Ukupna promjena boje tijesta kod zrelog sira također je pokazala i pozitivnu korelaciju između vrijednosti parametra  $b^*$  tijesta (0,999).

**Tablica 10** Pearsonova korelacijska matrica podataka dobivenih ispitivanjem ukupne promjene boje

		ukupna promjena boje ( $\Delta E$ )		
		varijabla	kora	tijesto
mladi	kora	$L^*$	0,876	0,039
		$a^*$	-0,650	-0,400
		$b^*$	<b>-0,882</b>	0,135
	tijesto	$L^*$	0,653	0,757
		$a^*$	-0,306	-0,838
		$b^*$	0,129	<b>-0,901</b>
zreli	kora	$L^*$	0,331	-0,543
		$a^*$	-0,098	<b>0,899</b>
		$b^*$	-0,058	0,348
	tijesto	$L^*$	-0,310	<b>-0,926</b>
		$a^*$	0,165	0,164
		$b^*$	0,258	<b>0,999</b>

Podobljane vrijednosti su statistički značajne na nivou značajnosti  $p < 0,05$

## 4.6 Senzorska ocjena sireva

### 4.6.1 Opisna svojstva sireva

U **Tablici 11** i **12** prikazane su mjerenjem dobivene dimenzije sira (promjer i visina), opisna svojstva (vanjski izgled, prerez sira, svojstva tijesta, miris te okus) mladog i zrelog kuhanog sira, a vaganjem su utvrđene mase sireva.

Svi proizvedeni uzorci imali su oblik koluta koji su poprimili kalupljenjem. Promjer mladog kuhanog sira bio je 93 mm dok se visina kretala između 27 i 28 mm. Prilikom gubljenja vode, kod zrelog sira, promjer i visina sira su se smanjili: promjer sira bio je 86 mm, a visina sira se kretala u rasponu 25-26,5 mm, tako su najmanju visinu imali uzorci 1 i 2, a najveću uzorak 3.

Prosječna masa mladog kuhanog sira iznosila je 205,98 g, dok je kod zrelog kuhanog sira, nakon gubitka vode do kojeg dolazi tijekom zrenja, iznosila 175,88 g. Najveća masa bila je kod uzorka 5 koji je imao najveći prinos.

Boja mladog sira bila je blijedožuta sa žućkastim tragovima dok je zreli sir potpuno poprimio karakterističnu jednoličnu žućkastu boju.



Tablica 11 Opisna svojstva mladog kuhanog sira

UZORAK	1	2	3	4	5
oblik	kolut	kolut	kolut	kolut	kolut
promjer [mm]	9,3	9,3	9,3	9,3	9,3
visina [mm]	2,8	2,7	2,8	2,75	2,7
masa [g]	212	202,3	205,2	205,5	204,9
boja	blijedožuta s mjestimično izraženim žutim dijelovima	blijedožuta s mjestimično izraženim žutim dijelovima	blijedožuta s žučkastim tragovima	blijedožuta s tamnijim rubnim dijelovima	blijedožuta s manje izraženim žučkastim dijelovima
kora	glatka površina bez većih odstupanja	glatka površina s malo primjetnijim odstupanjima	glatka površina s tragovima gaze	glatka površina s tragovima gaze	glatka površina s manjim nepravilnostima
prerez – tijesto	povezano, blijedožuta s tamnijim dijelovima	izražene šupljine s tamnijim dijelovima	manje nepravilnosti s tamnijim dijelovima	manje izražene rupice, blijedožuta boja s tamnijim dijelovima	manje nepravilnosti, blijedožuta s manje tamnijih dijelova
konzistencija	homogeno, podatno, bez lijepljenja	homogeno, podatno, bez lijepljenja	homogeno, podatno, bez lijepljenja	homogeno, podatno, bez lijepljenja	homogeno, podatno, bez lijepljenja
miris	ugodan po kuhanom mlijeku	ugodan po kuhanom mlijeku	ugodan pokuhanom mlijeku	ugodan po kuhanom mlijeku	ugodan po kuhanom mlijeku
okus	okus po mlijeku, slatkast, blago kiselkast	malo neslan	preslabo slan	strani naknadni okus	metalni okus, gorko

Legenda: 1 - kontrolni uzorak, 2- redukcija 35% NaCl, 3- redukcija 50% NaCl, 4- zamjena KCl 35%, 5- zamjena KCl 50%

Miris je bio ugodan kod svih sireva dok je okus varirao s obzirom na količinu i sastav soli koja je korištena. Kod mladog sira uzorak s 35% manje NaCl-a ocijenjen je kao blago neslan dok je uzorak s 50% manje NaCl-a ocijenjen je kao preslabo slan. Uzorak kod kojeg je 35% NaCl-a zamijenjeno KCl-om imao je naknadni okus, a uzorak s 50% KCl-a gorak, metalni okus. Kod zrelog sira uzorak s 35% manje NaCl-a imao je blago slan okus, a s 50% manje NaCl-a bio je neslan. Kod zrelog sira s 35% KCl-a zrenjem se izgubio strani naknadni okus, dok je kod uzorka s 50% KCl-a zaostao blago gorki okus.

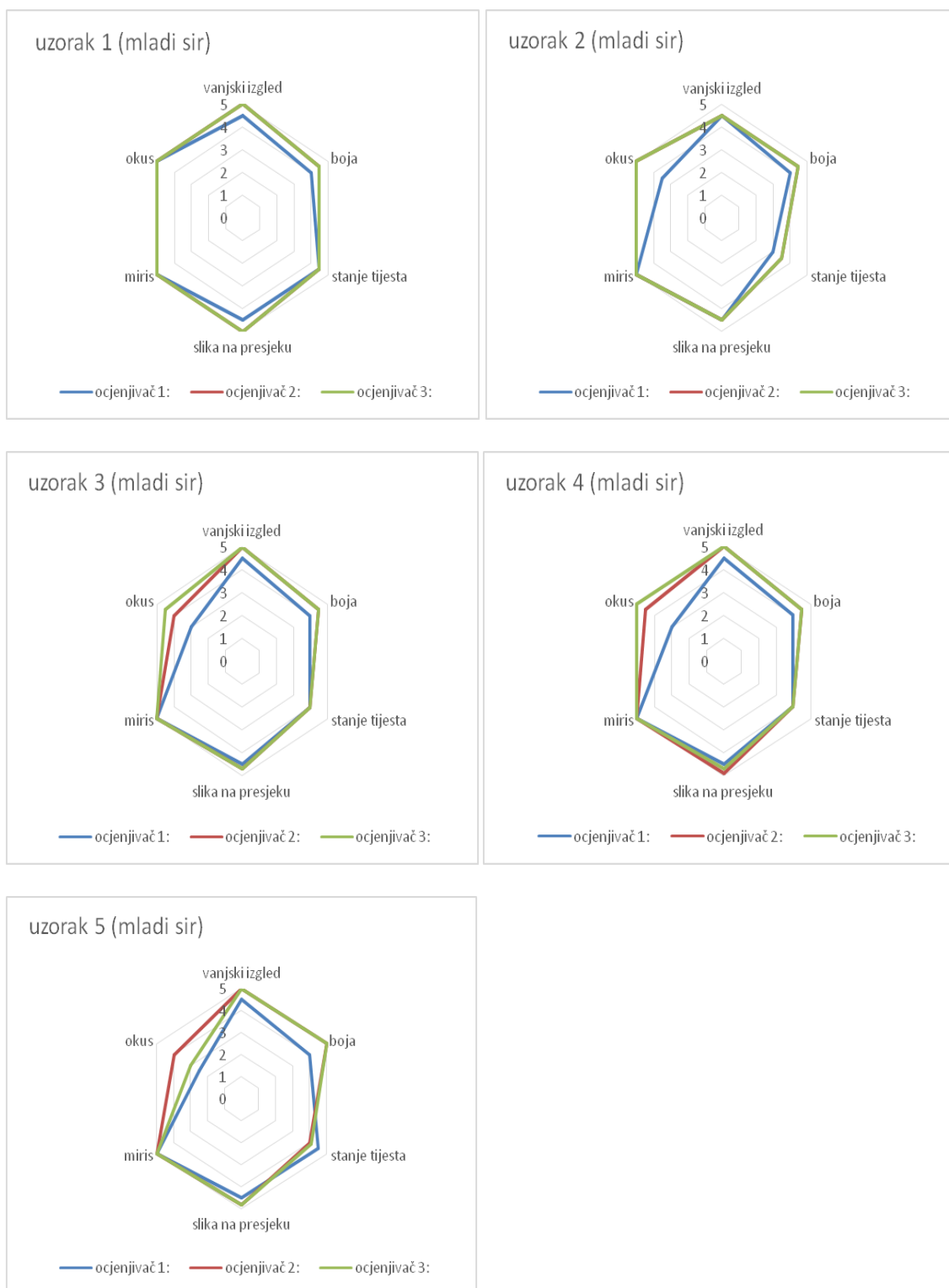
Tablica 12 Opisna svojstva zrelog kuhanog sira

UZORAK	1	2	3	4	5
oblik	kolut	kolut	kolut	kolut	kolut
promjer [mm]	8,6	8,6	8,6	8,6	8,6
visina [mm]	2,5	2,5	2,65	2,6	2,6
masa [g]	176,2	173,3	168,4	177,6	183,9
boja	jednolično žućkasta	jednolično žućkasta	jednolično žućkasta	jednolično žućkasta	jednolično žućkasta
kora	glatka s malim pukotinama	glatka s pukotinama na rubnim dijelovima	neravna površina s većim pukotinama na rubovima	glatka površina	glatka površina s malim pukotinama
prerez – tijesto	povezano	povezano s tamnijim dijelovima na sredini	povezano s tamnijim dijelovima	povezano s tamnijim dijelovima	povezano bez rupica, jednolične boje
konzistencija	homogeno, podatno, bez lijepljenja	homogeno, podatno, bez lijepljenja	homogeno, podatno, bez lijepljenja	homogeno, podatno, bez lijepljenja	homogeno, podatno, bez lijepljenja
miris	ugodan, ne osjeti se više miris po svježem mlijeku	ugodan, ne osjeti se više miris po svježem mlijeku	ugodan, ne osjeti se više miris po svježem mlijeku	ugodan, ne osjeti se više miris po svježem mlijeku	ugodan, ne osjeti se više miris po svježem mlijeku
okus	neutralan, po zreлом siru	blago slan	neslan	po zreлом siru	blago gorak

Legenda: 1 - kontrolni uzorak, 2- redukcija 35% NaCl, 3– redukcija 50% NaCl, 4- zamjena KCl 35%, 5- zamjena KCl 50%

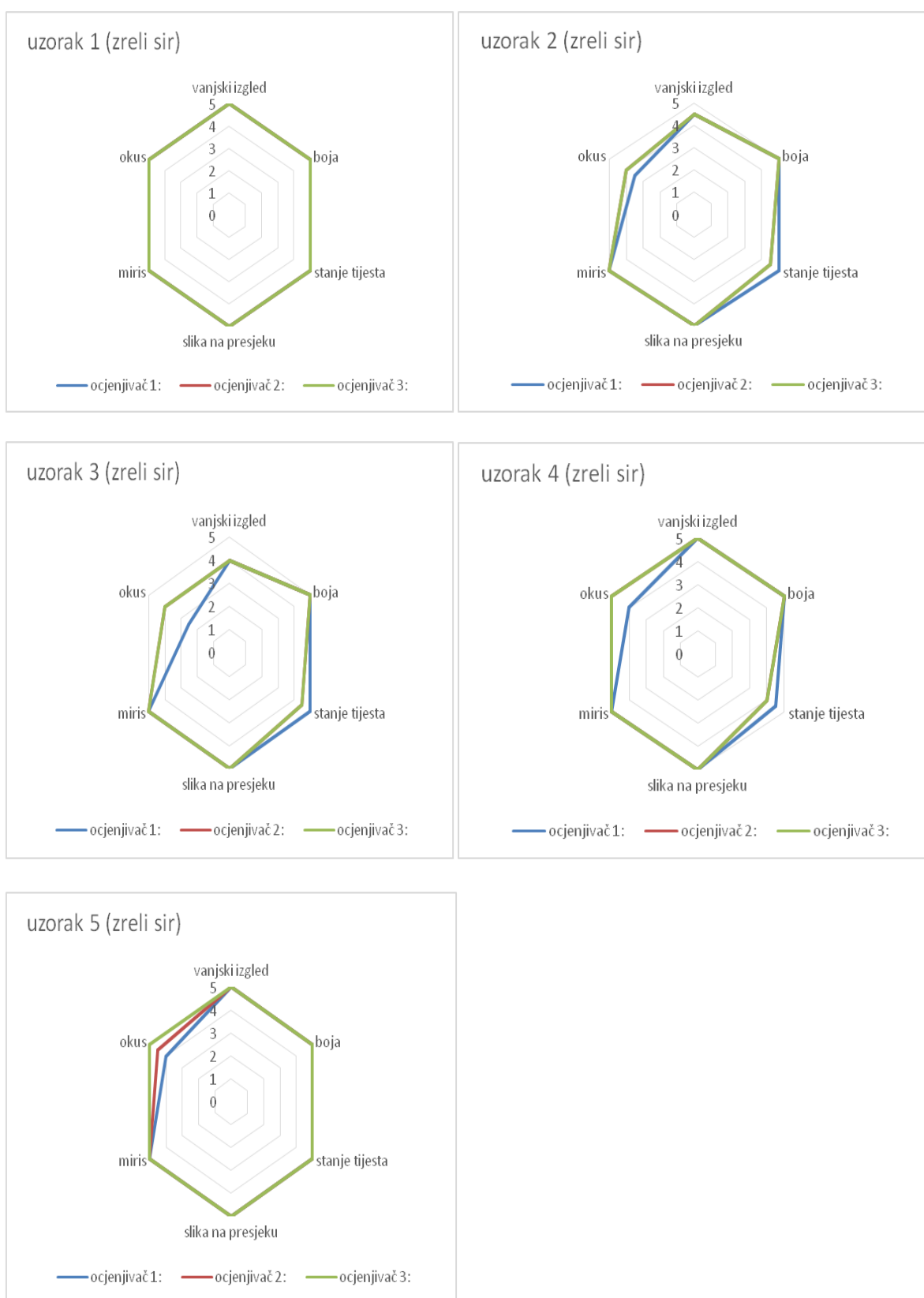
### 4.6.2 Senzorska ocjena sireva metodom bodovanja

Senzorske ocjene uzoraka proizvedenih mladih i zrelih kuhanih sireva metodom bodovanja prikazuju **Slika 4.12.** i **Slika 4.13.**



Podaci predstavljaju srednje vrijednosti 3 ponavljanja. Legenda: 1 - kontrolni uzorak, 2- redukcija 35% NaCl, 3- redukcija 50% NaCl, 4- zamjena KCl 35%, 5- zamjena KCl 50%

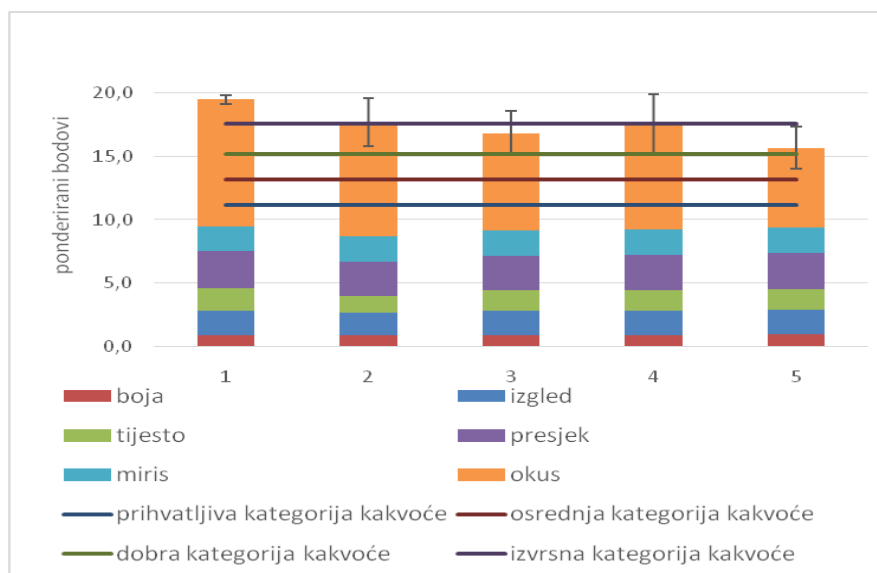
**Slika 4.12.** Senzorska ocjena mladih kuhanih sireva



Podaci predstavljaju srednje vrijednosti 3 ponavljanja. Legenda: 1 - kontrolni uzorak, 2- redukcija 35% NaCl, 3- redukcija 50% NaCl, 4- zamjena KCl 35%, 5- zamjena KCl 50%

**Slika 4.13.** Senzorska ocjena zrelih kuhanih sireva

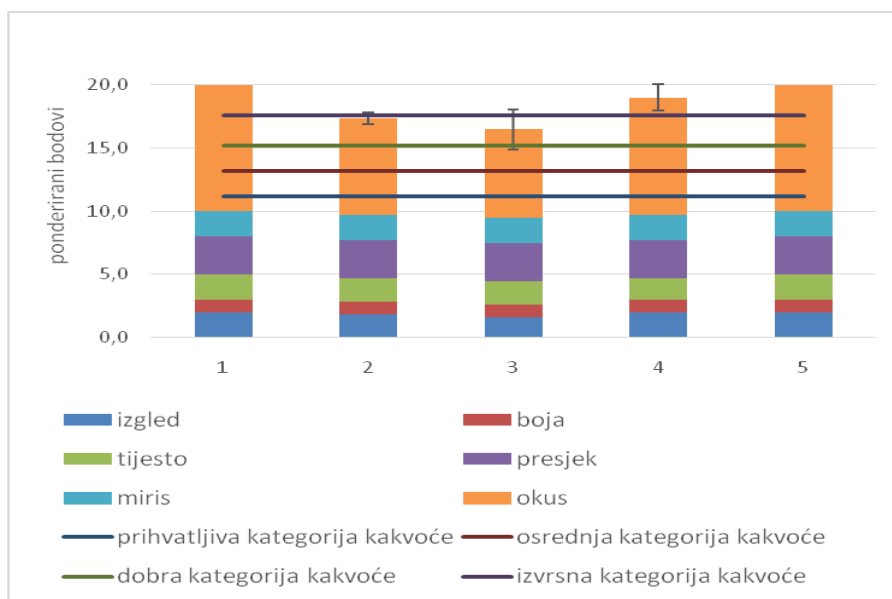
Senzorske ocjene kuhanih sireva dobivene su temeljem ocjena tri ocjenjivača. Kod mladih sireva kontrolni uzorak dobio je najviše ocjene. Svi uzorci dobili su ocjenu 5 za miris dok su za okus sireva sa smanjenim udjelom kuhinjske soli bile dodijeljene niže ocjene. Zrenjem sira uzorci su dobili više ocjene te je tako kontrolni uzorak ocijenjen s maksimalnim ukupnim brojem bodova. Uzorci s KCl-om također su bili visoko cijenjeni. Pronađena je pozitivna korelacija između senzorskih ocjena i ukupnih ponderiranih bodova (**Tablica 13**). Uzorak koji je dobio više ocjene za tijesto dobio je i veću ocjena za izgled (0,879), a uzorak koji je dobio veću ocjenu za okus imao je općenito veći broj ukupnih bodova (0,976). Postoji i pozitivna korelacija između tijesta i presjeka (0,968) te između boje i presjeka (1,000) kod zrelih sireva. Postoji negativna korelacija između kohezivnosti i izgleda kod mladog sira (-0,893).



Podaci predstavljaju srednje vrijednosti ( $\pm$ SD) 3 ponavljanja. Legenda: 1 - kontrolni uzorak, 2- redukcija 35% NaCl, 3– redukcija 50% NaCl, 4- zamjena KCl 35%, 5- zamjena KCl 50%

**Slika 4.14.** Ponderirani bodovi mladih kuhanih sireva

Kod mladih kuhanih sireva najveći zbroj ponderiranih bodova dobio je kontrolni uzorak (19,5) zatim slijede uzorci 2 i 4 sa 17,6 i 17,7 bodova. Prema **Tablici 3** sva tri navedena uzorka mladih sireva mogu se svrstati u kategoriju izvrsne kakvoće. Najnižu ocjenu dobio je uzorak 5 s 50% KCl-a koji zajedno s uzorkom 3 ulazi u kategoriju dobre kakvoće jer unatoč lošijim ocjenama za okus, ostale ocjene se nisu bitno razlikovale od ocjena drugih uzoraka.



Podaci predstavljaju srednje vrijednosti ( $\pm$ SD) 3 ponavljanja. Legenda: 1 - kontrolni uzorak, 2- redukcija 35% NaCl, 3- redukcija 50% NaCl, 4- zamjena KCl 35%, 5- zamjena KCl 50%

**Slika 4.14.** Ponderirani bodovi zrelih kuhanih sireva

S obzirom na to da su zreli sirevi dobili više ocjene kod ocjenjivanja senzorskih svojstava to je utjecalo i na ponderirane bodove. Kontrolni uzorak i uzorak s 50% KCl-a su imali maksimalan broj bodova. Uzorak 5 se time pokazao kao vrlo dobra zamjena u proizvodnji kuhanog sira nakon zrenja. Zrenjem sireva nepoželjan okus kod uzoraka 2 i 3 kod kojih je reducirana sadržaj NaCl-a je još više došao do izražaja, te pripadaju u nižu kategoriju kakvoće (dobre kvalitete).

**Tablica 13** Pearsonova korelacijska matrica podataka dobivenih ispitivanjem senzorskih svojstava mladog kuhanog sira

		METODA BODOVANJA						HED. SKALA	
varijable		izgled	boja	tijesto	presjek	miris	okus	uk.pond. bodovi	ocjene
METODA BODOVANJA	izgled	<b>1</b>	0,250	<b>0,879</b>	0,800	0,250	-0,297	-0,097	-0,322
	boja		<b>1</b>	0,252	0,123	-0,250	-0,782	-0,709	-0,827
	tijesto			<b>1</b>	<b>0,968</b>	0,644	-0,004	0,214	-0,049
	presjek				<b>1</b>	0,739	0,186	0,394	0,124
	miris					<b>1</b>	0,701	0,822	0,666
	okus						<b>1</b>	<b>0,976</b>	<b>0,993</b>
	uk.pond. bodovi							<b>1</b>	<b>0,958</b>
HED. SKALA	ocjene								<b>1</b>

Podebljane vrijednosti su statistički značajne na nivou značajnosti  $p < 0,05$

**Tablica 14** Pearsonova korelacijska matrica podataka dobivenih ispitivanjem senzorskih svojstava zrelog kuhanog sira

	METODA BODOVANJA							HED. SKALA	
	varijable	izgled	boja	tijesto	presjek	miris	okus	uk. pond. bodovi	ocjene
METODA BODOVANJA	izgled	<b>1</b>	0,375	0,082	0,375	0,375	<b>0,954</b>	<b>0,946</b>	<b>0,932</b>
	boja		<b>1</b>	0,491	<b>1,000</b>	<b>1,000</b>	0,484	0,503	0,525
	tijesto			<b>1</b>	0,491	0,491	0,282	0,339	0,154
	presjek				<b>1</b>	<b>1,000</b>	0,484	0,503	0,525
	miris					<b>1</b>	0,484	0,503	0,525
	okus						<b>1</b>	<b>0,998</b>	<b>0,978</b>
	uk. pond. bodovi							<b>1</b>	<b>0,966</b>
HED. SKALA	ocjene								<b>1</b>

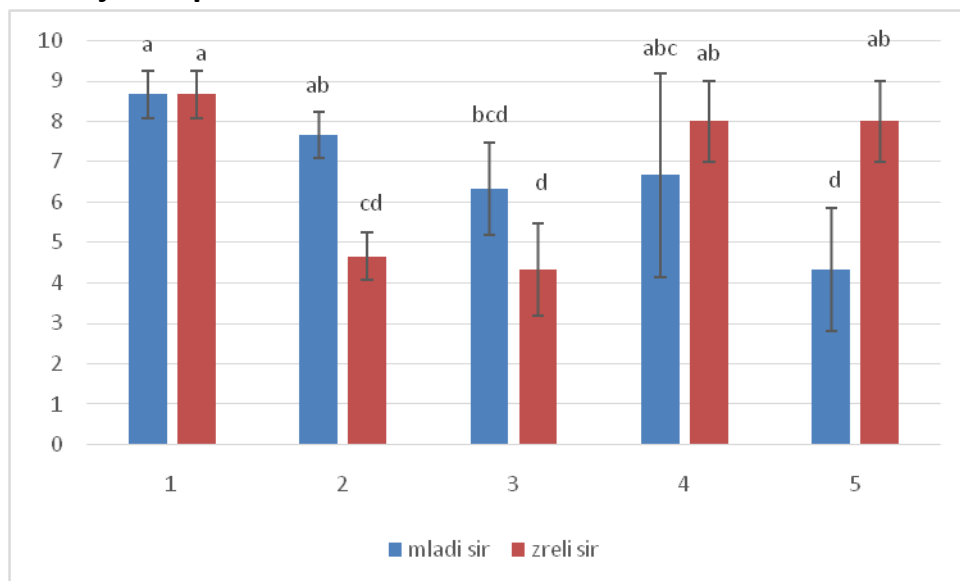
Podobljane vrijednosti su statistički značajne na nivou značajnosti  $p < 0,05$

**Tablica 15** Pearsonova korelacijska matrica podataka dobivenih ispitivanjem utjecaja teksture na senzorska svojstva mladog sira

VARIJABLE	IZGLED	BOJA	TIJESTO	PRESJEK	MIRIS	OKUS	BODOVI	SKALA
ČVRSTOĆA	-0,044	<b>-0,919</b>	0,009	0,191	0,444	0,848	0,835	0,850
LJEPLIVOST	-0,062	0,176	0,125	-0,038	0,252	-0,067	-0,052	-0,001
ODGOĐENA ELASTIČNOST	-0,146	0,076	-0,563	-0,710	<b>-0,915</b>	-0,644	-0,753	-0,570
KOHEZIVNOST	<b>-0,893</b>	-0,639	-0,864	-0,759	-0,209	0,496	0,296	0,543
GUMENOST	-0,578	<b>-0,925</b>	-0,537	-0,376	0,113	0,780	0,647	0,815
OTPOR ŽVAKANJU	-0,619	<b>-0,902</b>	-0,626	-0,484	-0,015	0,692	0,541	0,735
ELASTIČNOST	-0,703	-0,790	-0,758	-0,614	-0,200	0,558	0,383	0,593

Podobljane vrijednosti su statistički značajne na nivou značajnosti  $p < 0,05$

### 4.6.3 Prihvatljivost proizvoda



Podaci predstavljaju srednje vrijednosti ( $\pm$ SD) 3 ponavljanja. Srednje vrijednosti označene istim slovom nisu statistički značajno različite ( $p < 0,05$ ) prema Fisherovom LSD testu najmanje značajne razlike. Legenda: 1 - kontrolni uzorak, 2- redukcija 35% NaCl, 3– redukcija 50% NaCl, 4- zamjena KCl 35%, 5- zamjena KCl 50%

**Slika 4.15.** Ocjene hedonističke skale

**Slika 4.15.** prikazuje poželjnost i prihvatljivost mladih i zrelih kuhanih sireva. Najveću ocjenu dobili su kontrolni uzorci mladog i zrelog kuhanog sira (8,67) te se mogu okarakterizirati kao naročito visoko poželjni. Uzorak s 35%-tnom zamjenom s KCl-om također je dobio visoke ocjene i zauzeo mjesto odmah nakon kontrolnog uzorka. Uzorak 5 dobio je najnižu ocjenu na hedonističkoj skali kada je u pitanju mladi sir i okarakteriziran je kao neznatno nepoželjan. Uzorak 3, kod kojeg je sol reducirana na 50%, dobio je najniže ocjene kod mladog i zrelog sira. Uzorci koji su dobili visoke ocjene za okus bili su više rangirani na hedonističkoj skali. Također postoji pozitivna korelacija između senzorskih bodova i hedonističke skale.



## **5 ZAKLJUČCI**

Na osnovi rezultata istraživanja provedenih u ovom radu, mogu se izvesti sljedeći zaključci:

1. Djelomična redukcija i zamjena kuhinjske soli u proizvodnji kuhanog sira imala je statistički značajan utjecaj na osnovni kemijski sastav, pH i  $a_w$ , i senzorska svojstva okusa ispitivanih uzoraka.
2. Svi proizvedeni kuhani sirevi se prema udjelu mliječne masti u suhoj tvari, mogu svrstati u kategoriju punomasnih sireva, a prema udjelu vode u bezmasnoj tvari sira u kategoriju polutvrdih sireva.
3. Razlike u osnovnom kemijskom sastavu uzoraka kuhanog sira posljedica su različitog otpuštanja vode (sirutke) tijekom proizvodnje i zrenja kuhanih sireva soljenih s različitim koncentracijama i smjesama soli.
4. Nisu pronađene značajne razlike čvrstoće, gumenosti i otpora žvakanja ispitivanih sireva, osim kod mladog sira kod kojeg je sadržaj soli reduciran za 35%, koji je imao je najviše vrijednosti, ali i najveći udio mliječne masti, proteina i ukupne suhe tvari. Tijekom zrenja došlo je do povećanja ovih parametara, kao posljedica otpuštanja vode.
5. Boja mladog sira bila je blijedožuta, a zreli sir je poprimio karakterističnu jednoličnu žutu boju. Djelomična redukcija i zamjena soli nisu imale statistički značajan utjecaj na boju sireva i promjenu boje tijekom zrenja.
6. Redukcija soli i dodatak KCl-a nisu negativno utjecali na senzorske ocjene za izgled površine sira, konzistenciju, tijesto te miris sireva. Površina je bila većinom glatka, tijesto povezano, homogeno, podatno, a miris ugodan kod svih sireva.
7. Djelomična zamjena i djelomična redukcija imale su, očekivano, značajan utjecaj na okus sira. Sir sa smanjenim udjelom soli imao je neprihvatljiv neslan okus, a viši dodatak KCl-a (50%) uzrokovao je metalni, gorki okus.
8. Najveću senzorsku ocjenu mladih sireva prema metodi bodovanja i hedonističkoj skali proizvedenih kuhanih sireva, uz uzorak proizveden sa standardnom količinom soli, dobio je uzorak zrelog sira kod kojeg je 35% kuhinjske soli zamijenjeno s kalijevim kloridom.

9. Djelomična redukcija natrijevog klorida u kuhanom siru djelomičnom zamjenom kalijevim kloridom, jedan je od mogućih načina smanjenja udjela soli.

## **6 LITERATURA**

- Bosnić P: Svjetska proizvodnja i kvaliteta kravljeg mlijeka *Mljekarstvo* 53 (1) 37-50, 2003.
- Havranek J, Antunac N: Prehrambena svojstva mlijeka *Mljekarstvo* 46(1) 3-14, 1996.
- Havranek J, Kalit S, Antunac N, Samaržija D: *Sirarstvo*. Hrvatska mljekarska udruga, Zagreb, 2014.
- Karlović S, Šimunek M, Ježek D, Tripalo B, Bosiljkov T, Brnčić M, Blažić M: Određivanje teksturnih svojstava Gouda sira, *Hrvatski časopis za prehrambenu tehnologiju, biotehnologiju i nutricionizam* 4 (3-4): 98-103, 2009.
- Kirin S: Domaći kuhani sir. *Mljekastvo* 56 (1) 45-58, 2006.
- Lukinac-Čačić J: Matematičko modeliranje i optimiranje kinetike promjene boje kruha tijekom pečenja, Doktorski rad. Prehrambeno-tehnološki fakultet, Osijek, 2012
- Mandić ML, Perl A: Osnove senzorske procjene hrane. Prehrambeno-tehnološki fakultet, Osijek, 2006.
- MPRRR, Ministarstvo poljoprivrede, ribarstva i ruralnog razvoja: Pravilnik o sirevima i proizvodima o sireva. *Narodne novine* 20/09, 2009.
- Popović-Vranješ A, Kranjinović M, Pejanović R: Utjecaj mlijeka, aditiva i tehnologije na kemijski sastav i senzorna svojstva sira trapista. *Mljekarstvo* 59 (1) 70-77, 2009.
- Premužak M: Vitamini u mlijeku. *Časopis za unaprijeđenje i prerade mlijeka*, Vol.1.No.1, 1951.
- Primorac Lj: Senzorske analize - Metode 2. dio. Prehrambeno-tehnološki fakultet, Osijek, 2006.
- Reiner Z: Uloga prehrane u prevenciji i terapiji kardiovaskularnih bolesti. *Medicus*, Vol.17.No1. 93-103, 2008.
- Ritz M, Vojnović V, Vahčić N, Mahnet S: Senzorska procjena desertnih mliječnih proizvoda *Mljekarstvo* 42(1) 53-60, 1992.
- Slačanac V: *Sirarstvo* (nastavni materijali za kolegij Tehnologija mlijeka i mliječnih proizvoda). Prehrambeno-tehnološki fakultet, Osijek, 2015.  
[http://studenti.ptfos.hr/Diplomski\\_studij/Tehnologija\\_mlijeka\\_i\\_mlijecnih\\_proizvoda/predavanja/prof\\_Slacanac/](http://studenti.ptfos.hr/Diplomski_studij/Tehnologija_mlijeka_i_mlijecnih_proizvoda/predavanja/prof_Slacanac/)
- Štefekov I: Autohtoni bilogorsko-podravski „kuhani sir“ – tradicija i proizvodnja. *Mljekarstvo* 40 (9) 227-234, 1990

TratnikLj: Mlijeko – tehnologija, biokemija i mikrobiologija. Hrvatska mljekarska udruga, Zagreb, 1998.

TratnikLj, Božanić R: Mlijeko i mliječni proizvodi. Hrvatska mljekarska udruga, Zagreb, 2012

TratnikLj, Zdolec N, Tudor Kalit M: Sirarstvo u teoriji i praksi. Veleučilište u Karlovcu, Karlovac, 2015.

Webb B H, Johnson A H, Alford J A: Fundamentals of Dairy Chemistry. The AVI Publishing Company, Inc., Westport, CT, 1974.

